

JAIR MELLO JAREK

DESIGN E INOVAÇÃO NO APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS EM  
EMPRESAS DE EMBALAGENS DE PAPELÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em *Design*, do Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Federal do Paraná como requisito para obtenção de grau de Mestre em Design Gráfico e de Produto

Orientador: Prof. Dalton Luiz Razera

**CURITIBA**  
**2014**

Catálogo na publicação  
Fernanda Emanóela Nogueira – CRB 9/1607  
Biblioteca de Ciências Humanas e Educação - UFPR

Jarek, Jair Mello

Design e inovação no aproveitamento sustentável de resíduos em empresas de embalagens de papelão / Jair Mello Jarek – Curitiba, 2014.

88 f.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Luiz Razera

Dissertação (Mestrado em Design) – Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná.

1. Design sustentável. 2. Embalagens de papel – Design. 3. Papelão ondulado. 4. Papel – Indústria. 4. Resíduos de papel - Reaproveitamento. I.Título.

CDD 745.2

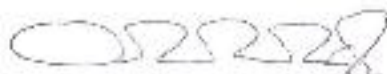
## TERMO DE APROVAÇÃO

**JAIR MELLO JAREK**

**Design e Inovação no Aproveitamento Sustentável de Resíduos em Empresas de Embalagens de Papelão**

Dissertação de Mestrado aprovada em sua versão definitiva como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Design, área de concentração em Design Gráfico e de Produto, no Programa de Pós-Graduação em Design do Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná.

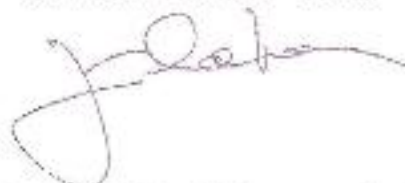
Curitiba, 21 de fevereiro de 2014.



**Prof. Dr. Dalton Luiz Rózera**  
(orientador e presidente da banca – UFPR)



**Prof. Dr. Adriano Heermann**  
(examinador interno – UFPR)



**Prof. Dr. Julio Carlos de Souza van der Linden**  
(examinador externo – UFRGS)

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Professor orientador Prof. Dalton Luiz Razera, que nunca desistiu das minhas idéias e deu liberdade para concretizar este trabalho, além do suporte na elaboração do conteúdo.

Aos professores do curso de Pós- Graduação do Curso de Design da UFPR que fizeram parte da formação deste mestrado.

Ao Professor Ken Fonseca, pelo incentivo, amizade e suporte nos momentos difíceis.

A Prof<sup>a</sup>. Gizelda Rego que disponibilizou parte do seu tempo e conhecimento na leitura e orientação da parte formal desta dissertação.

As empresas que participaram direta ou indiretamente neste projeto: Embrart, pela abertura na informação de dados da empresa sem os quais este trabalho não poderia se realizar e disposição em ajudar com amostras de materiais e tempo de entrevistas.

Ao Gerente de Produção Sergio Wosch da EMBRART, que entendeu e acreditou na idéia e abriu as áreas correlatas da empresa para coleta de dados. Também agradeço ao Sr. Eduile Cordeiro que me acompanhou nas visitas e se dispôs a responder todas as perguntas.

Aos meus amigos que tiveram paciência e nunca desistiram de dar apoio e suporte.

À Universidade Federal do Paraná pela disposição dos laboratórios e dependências para realização dos ensaios.

## RESUMO

Esta pesquisa teve o objetivo de adicionar maior valor agregado às aparas de caixas de papelão ondulado ao reaproveitá-las de forma inovadora como preenchimento e calço em embalagens de transporte. O desenvolvimento do processo está na ênfase das características de sustentabilidade, maleabilidade e flexibilidade do material e seu uso na área de transporte como um produto, sendo as características físicas sujeitas a uma análise posterior pela engenharia de materiais. O estudo buscou o uso de uma tecnologia de baixa complexidade baseada em compósitos de fibras e papel. A partir da análise do volume e qualidade dos resíduos da produção de caixas, foram selecionadas as aparas com a maior homogeneidade e assim diminuir os processos de fabricação envolvidos no produto final, para diminuir a resistência a novos custos de desenvolvimento. Estas aparas foram impregnadas com adesivo com características termoplásticas nos ensaios. A proposta original sugere o adesivo utilizado no fabrico do PO, amido de mandioca, para manter a reciclabilidade. Foi utilizado o processo de compressão a quente em moldes de alumínio fundido com design que possibilitasse a reprodução em tamanhos maiores e homogêneos. Durante a pesquisa do produto proposto o foco do design esteve nas características e funções básicas dos produtos vendidos pelas empresas de embalagens de transporte: proteção no manuseio, transporte e estocagem dos produtos. Essas características direcionaram o uso das aparas de papelão como matéria prima de um produto de preenchimento e calço nas embalagens de transporte. O trabalho proposto, demonstrou os resultados e conceitos procurados: diminuir o custo e a movimentação da reciclagem ao manter o processamento dos resíduos dentro da empresa; aumentar o valor agregado dos resíduos transformando-os em um produto comercial; facilitar a armazenagem sendo um produto empilhável; ter baixo peso com boa resistência para proteger o produto transportado. O trabalho, devido ao processo adotado para a produção, mantém-se dentro do ciclo de reciclagem do papelão ondulado. Um estudo complementar com ensaios específicos, pode encontrar o tamanho mais adequado para desenvolver um processo industrial e aproveitar aparas com diferentes características, independente da embalagem produzida e aumentar o volume reciclado. Os ensaios realizados também mostraram que as aparas quando prensadas em diferentes quantidades podem adquirir características viáveis para diferentes produtos e usos.

Palavras Chave: Aparas de Papel, Design Sustentável, Papelão Ondulado, Reciclagem.

## **ABSTRACT**

This paper presents the innovative design proposal of a sustainable and recyclable product using the waste material resulted from corrugated card board boxes trimmings produced by transport package manufacturers companies. The study propose to use low complexity technology process, based on fibers and paper composites. The homogeneity in size and quality of trimmings was based on the volume and quality of residues originated on card board boxes production previously analyzed, and afterward try to diminish the number of processes involved on the final product. The process development is emphasized on the material characteristics of maleability and flexibility when used as a transport accessory product. The physical characteristics, in other hand, will be subject to later analisis by material engeneering area. The boxes trimmings were first impregnated with adhesive then hot cast pressed inside aluminum molds with an unique design, as well keeping its recyclable qualities. During the research, the design for the product focused on characteristics and properties, based on products functions sold by manufacturing transport package companies: protection during shipping and handling, transportation and stack capacity of products. Those characteristics, resulted in using the card board trimmings as filling and inside box cushion product to be used on package transportation. The find presented itself feasible, even considering the scatered trimmings distribution and very low adhesive used after being aluminum cast, they still provided material integrity. The reuse of card board scrap produced by the company was demonstrated viable, once there were volume and consistency on the frequency of residuos available. Also became clear that a deeper study regarding different possibles sizes of card board scraps, and necessary tests, could have a better outcome in developing a industrial processto and maybe absorb all trimmings originated from any kind of company's package.

Key-words: Scrap Paper, Sustainable Design, Card Board Paper, Recycling

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 MAPA DA RECICLAGEM DO SETOR DE PAPEL E PAPELÃO.....	09
FIGURA 2 MAPA DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE BRASIL 2010 .....	11
FIGURA 3 FABRICAÇÃO GENÉRICA DE PAPEL .....	14
FIGURA 4 FABRICAÇÃO DE PAPELÃO ONDULADO.....	16
FIGURA 5 PAPELÃO ONDULADO .....	18
FIGURA 6 PLANIFICAÇÃO DE CAIXAS DE PAPELÃO.....	20
FIGURA 7 COLETA AUTOMÁTICA DE APARAS.....	21
FIGURA 8 SISTEMA DE COLETA INDUSTRIAL .....	21
FIGURA 9 CAÇAMBA 25t DE COLETA DE APARAS .....	21
FIGURA 10 ESTRATÉGIAS DE ACV - ANÁLISE DO CICLO DE VIDA .....	24
FIGURA 11 MAPA DA RECICLAGEM DAS APARAS .....	26
FIGURA 12 ENFARDAMENTO DE RESÍDUOS DE PAPEL .....	26
FIGURA 13 CLASSIFICAÇÃO FÍSICA DOS COMPÓSITOS .....	30
FIGURA 14 PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS .....	30
FIGURA 15 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS .....	32
FIGURA 16 ESQUEMA DE PROCESSO DE PRENSAGEM COM MOLDE .....	35
FIGURA 17 MALHAS COM POLÍGONOS REGULARES .....	43
FIGURA 18 MALHAS COM POLÍGONOS IRREGULARES .....	44
FIGURA 19 MAPA CONCEITUAL DAS FASES METODOLÓGICAS .....	46
FIGURA 20 APARAS DE PAPEL .....	52
FIGURA 21 ENCOLAMENTO MANUAL .....	52
FIGURA 22 APARAS DE PAPEL NO MOLDE .....	53
FIGURA 23 APARAS APÓS COMPRESSÃO .....	53
FIGURA 24 ENCOLAMENTO MANUAL APARAS DE PAPELÃO ONDULADO .....	54
FIGURA 25 MOLDAGEM DAS APARAS DE PAPELÃO ONDULADO .....	54
FIGURA 26 SIMULAÇÃO DE PREENCHIMENTO COM APARAS DE PAPELÃO ONDULADO .....	55
FIGURA 27 ENCOLADORA .....	56
FIGURA 28 TESTE PRELIMINAR DE PRENSAGEM .....	56

FIGURA 29 MODELO TRIDIMENSIONAL PARA TESTE FLEXIBILIDADE .....	56
FIGURA 30 MALHAS GEOMÉTRICAS .....	57
FIGURA 31 ESTUDO TRIDIMENSIONAL 1 .....	57
FIGURA 32 ESTUDO TRIDIMENSIONAL 2 .....	57
FIGURA 33 PLANIFICAÇÃO EM PAPEL CARTÃO .....	58
FIGURA 34 MÓDULO 14 X 14 CM .....	58
FIGURA 35 CAIXA DE CONTENÇÃO COM MATRIZ DE MOLDE DE GESSO .....	58
FIGURA 36 MATRIZES MACHO E FÊMEA GESSO .....	59
FIGURA 37 MOLDES MACHO E FÊMEA ALUMÍNIO .....	59
FIGURA 38 PISTOLA DE ASPERSÃO DE ADESIVO .....	60
FIGURA 39 PESAGEM DAS APARAS SÊCAS .....	60
FIGURA 40 MOLDE COM CAIXA FORMADORA .....	60
FIGURA 41 APARAS PRONTAS PARA PRENSAGEM .....	60
FIGURA 42 MOLDE MACHO SOBRE FÊMEA .....	61
FIGURA 43 MOLDES PRONTOS PARA COMPRESSÃO .....	61
FIGURA 44 PRENSA 15t À FRIO .....	61
FIGURA 45 ESTUFA COM TEMPERATURA CONTROLADA .....	61
FIGURA 46 ENSAIO 8 .....	61
FIGURA 46 CICLO DE RECICLAGEM DAS APARAS COMO PRODUTO PARA EMBALAGEM DE TRANSPORTE.....	63
FIGURA 47 APARAS DE PAPELÃO ONDULADO, CAIXA NORMAL .....	66
FIGURA 48 APARAS DE PAPELÃO ONDULADO CAIXA CORTE E VINCO .....	66
FIGURA 49 APARAS DE PAPELÃO ONDULADO CAIXA ABAS TRANSPASSADAS .....	67
FIGURA 50 CONCAVIDADES .....	68
FIGURA 51 CONVEXIDADES .....	68
FIGURA 52 DESIGN ESQUEMÁTICO DO MÓDULO PARA DISTRIBUIÇÃO DO PESO E ABSORÇÃO DOS CHOQUES .....	68
FIGURA 53 APARAS DE PAPELÃO ONDULADO COMO PREENCHIMENTO .....	69
FIGURA 54 ENSAIO 1 .....	71
FIGURA 55 ENSAIO 2 .....	72
FIGURA 56 ENSAIO 3 .....	72



FIGURA 57 CAIXA FORMADORA .....	71
FIGURA 58 ENSAIO 4 .....	73
FIGURA 59 ENSAIO 5 .....	73
FIGURA 60 ENSAIO 6 .....	74
FIGURA 61 ENSAIO 7 .....	75
FIGURA 62 ENSAIO 7 COM FILME DE CELOFANE .....	75
FIGURA 63 CONFORMAÇÃO ENSAIO 8 .....	76
FIGURA 64 ENSAIO 8 DESMOLDADO .....	76

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 TAXA DE RECUPERAÇÃO DE APARAS DE PAPEL .....	22
TABELA 2 MERCADO DE EMPRESAS APARISTAS BRASIL 2011 .....	25
TABELA 3 TABELA COMPARATIVA DE CONCEITOS DE PRODUTOS SIMILARES .....	41
TABELA 4 MÉTODOS DE PESQUISA .....	47
TABELA 5 MODELO ANALISE PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS .....	49
TABELA 6 MODELO TABELA SWOT.....	54
TABELA 7: VARIÁVEIS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DE APARAS .....	62
TABELA 8: AVALIAÇÃO DAS APARAS PRODUZIDAS PELA EMBRART .....	65
TABELA 9: QUADRO COMPARATIVO ENSAIOS 1 -7 .....	77

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABRE** - Associação Brasileira de Embalagens

**BRACELPA** - Associação Brasileira de Celulose e Papel

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ANAP** - Associação Nacional de Aparistas

**PO** - Papelão Ondulado

**ABPO** - Associação Brasileira de Papelão Ondulado

**PNRS** - Política Nacional de Resíduos Sólidos

**CEMPRE** - Compromisso Empresarial para a Reciclagem

**CFG** - Cushion Folder Gluer

**ISO** - International Standard Organization

**ONG** - Organização Não-Governamental

**LCA** - Life Cycle Analysis (Análise do Ciclo de Vida)

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVO.....	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3. JUSTIFICATIVA.....	3
1.3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS .....	4
1.4. DELIMITAÇÃO DA PROPOSTA .....	5
1.5. METODOLOGIA DO TRABALHO .....	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	7
2.1. A RECICLAGEM E O MEIO AMBIENTE .....	7
2.2. APROVEITAMENTO DAS APARAS .....	9
2.3. SETOR DE PAPEL E CELULOSE .....	10
2.4. A PRODUÇÃO DO PAPEL .....	12
2.5. PAPÉIS PARA EMBALAGENS .....	15
2.5.1. PAPÉIS PARA EMBALAGENS LEVES .....	15
2.5.2. PAPÉIS PARA EMBALAGENS PESADAS .....	16
2.6. AS EMPRESAS DE CARTONAGEM .....	17
2.6.1 CARACTERÍSTICAS DAS CAIXAS DE PAPELÃO ONDULADO .....	18
2.6.2 A EMPRESA DE CARTONAGEM EMBRART.....	19
2.6.3 CICLO DE VIDA DO PAPELÃO ONDULADO.....	22
2.7. DESIGNER E O PROCESSO DE RECICLAGEM .....	23
2.8. RECICLAGEM DAS APARAS DE PAPELÃO ONDULADO .....	25
2.9. COMPÓSITOS .....	27
2.9.1 DEFINIÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS .....	29
2.9.2 CLASSIFICAÇÃO DOS COMPÓSITOS .....	30

2.9.3. AS PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS .....	30
2.9.4. OS MATERIAIS COMPÓSITOS NA INDÚSTRIA .....	33
2.10 COMPÓSITOS DE MADEIRA .....	35
2.10.1. COMPRESSÃO A QUENTE E A FRIO .....	36
2.10.2. ANALISE DE TESTES .....	37
2.10.3. ADESIVO.....	38
2.11. CONCEITOS DE PRODUTOS SIMILARES .....	41
2.12. MALHAS CONSTRUTIVAS (MOSAICOS) .....	43
2.13. O DESIGNER E A INOVAÇÃO .....	44
3. METODOLOGIA .....	46
3.1. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS .....	47
3.1.1. ENTENDER O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA .....	47
3.1.2. ANALISE DOS PRODUTOS E SELEÇÃO DAS APARAS .....	48
3.1.3. ANALISE DOS VOLUMES E CUSTO DAS APARAS .....	49
3.1.4. A VIABILIDADE DAS APARAS COMO COMPÓSITOS .....	50
3.1.5. CRIAÇÃO DE MODELOS PARA SIMULAÇÕES .....	51
3.1.6. AVALIAÇÃO DOS MODELOS .....	51
3.2. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE EXPERIMENTO COM MATERIAL .....	52
3.2.1. ETAPA 1 AS APARAS .....	52
3.2.2. ETAPA 2 ESTUDO TRIDIMENSIONAL DO COLCHÃO DE APARAS.....	56
3.2.3. ETAPA 3 MALHAS .....	57
3.2.4. ETAPA 4 CRIAÇÃO DE MATRIZES PARA O MOLDE .....	58
3.2.5. ETAPA 5 PRODUÇÃO DO MOLDE .....	59
3.2.6. ETAPA 6 A PRENSAGEM .....	60
3.2.6.1. ENSAIOS EXPLORATÓRIOS .....	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	63
4.1. ENTENDENDO O MERCADO EM QUE A EMPRESA ATUA .....	63
4.2. A ESCOLHA DO PRODUTO E O MATERIAL UTILIZADO .....	64
4.2.1. ENSAIOS PRELIMINARES COM APARAS DE PAPEL .....	68
4.2.2. ENSAIOS COM APARAS DE PAPELÃO ONDULADO .....	69
4.3. A VIABILIDADE ECONÔMICA .....	70

<b>4.4. OS ENSAIOS COM O MATERIAL .....</b>	<b>70</b>
<b>4.4.1. ENSAIO 1 .....</b>	<b>71</b>
<b>4.4.2. ENSAIO 2 .....</b>	<b>71</b>
<b>4.4.3. ENSAIO 3 .....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.4. ENSAIO 4 .....</b>	<b>73</b>
<b>4.4.5. ENSAIO 5 .....</b>	<b>73</b>
<b>4.4.6. ENSAIO 6 .....</b>	<b>74</b>
<b>4.4.7. ENSAIO 7 .....</b>	<b>75</b>
<b>4.4.8. ENSAIO 8 .....</b>	<b>76</b>
<b>4.4.9. TABELA COMPARATIVA .....</b>	<b>77</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>78</b>
<b>6. SUGESTÕES .....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>88</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos resultantes da fabricação de produtos industrializados tem significativa representatividade dentro da cadeia produtiva e não podem ser ignorados. O setor produtivo em diferentes países está incorporando cada vez mais em seus custos aqueles relacionados à questão ambiental, implicando necessidades de mudanças significativas nos padrões de produção, comercialização e consumo. Essas mudanças respondem a normas e dispositivos legais rígidos de controle (nacionais e internacionais), associados a um novo perfil de consumidor. Nesse sentido, as empresas têm reconhecido, seja por iniciativa própria ou movida por forças externas, a importância da busca por alternativas para melhoria de seu desempenho ambiental, quando reaproveita os seus resíduos sólidos.

A melhoria na relação das empresas com o meio ambiente é capaz de otimizar a produtividade dos recursos utilizados, implicando benefícios diretos para a empresa e fundamentados na economia de matéria-prima e insumos, resultantes do processamento mais eficiente e da sua substituição, reutilização ou reciclagem, menor consumo de água, redução do custo de atividades envolvidas nas descargas ou no manuseio, transporte e descarte dos resíduos (COELHO et al, 2011).

Em 2010 foi sancionada no Brasil a lei que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, LEI N° 12 305.2, Agosto 2010. A lei define o conceito de que todos os agentes que fazem parte da cadeia de produção de um produto industrializado (o fabricante, o importador, o distribuidor, o comerciante e consumidor), são responsáveis pela correta destinação de resíduos que não serão mais utilizados. A PNRS define que resíduo é o material que pode ser reciclado ou reaproveitado e que rejeito, ou seja o lixo, o material que não pode ser reaproveitado (PNRS, 2010).

Nos últimos anos, a reciclagem de papel em escala industrial tornou-se uma atividade estabelecida, não apenas por ser uma prática economicamente interessante, mas também por diminuir o consumo de recursos naturais e impedir seu acúmulo em aterros sanitários. O Brasil recicla 3 milhões de toneladas de papel por ano, o que corresponde a 44,7% do consumo aparente nacional. Na reciclagem são utilizadas diferentes classificações de aparas, que na sua composição apresentam cargas e aditivos, tais como cola, caulim

(aluminossilicatos), sulfato de alumínio, amido e anilina, adesivos e látex. Também é comum a presença de pigmentos, que interferem na alvura do papel (SCHNEIDER ; MÜHLEN, 2011).

No Brasil, o ciclo de vida das embalagens de papelão ondulado é 100% reciclável com baixo impacto ambiental em todos os seus estágios. Este ciclo constitui uma cadeia praticamente fechada onde a embalagem usada é reciclada e utilizada na fabricação de novas embalagens.

Por este motivo a indústria do papelão ondulado é considerada uma das mais sustentáveis, considerando que a sua matéria prima, a celulose, vêm totalmente de áreas de reflorestamento com espécies plantadas para esse fim (ABPO, 2013).

As considerações nos fóruns sobre o tema resíduos sólidos, apoiam as ações onde toda a sociedade possa participar do gerenciamento desses resíduos e que todos os atores tenham responsabilidades bem definidas e de forma compartilhada. A Associação Brasileira do Papelão Ondulado, ABPO, ressalta os conceitos de gerenciamento de resíduos de PO como possíveis para outros conceitos de gerenciamento de resíduos, sendo: responsabilidade compartilhada no gerenciamento dos resíduos sólidos pós-consumo; Inclusão das cooperativas de catadores no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos; Inclusão de tabelas de preços e os valores pagos no mercado por determinada qualidade de resíduos e outros instrumentos econômicos que fomentem a atividade e fortaleçam a indústria de revalorização de resíduos; estabelecimento de acordos setoriais, priorizando a importância da gestão adequada; definição de cada gerador de resíduos e suas áreas, incluindo o consumidor.

A proposta desta pesquisa de aproveitamento de resíduos de embalagens de papelão, usou como referência o estudo de iniciação científica conduzido pelo Departamento de PPDesign – UFPr. Este mesmo estudo produziu um artigo que descreve todo o processo (ver anexo página 88) onde foi realizada a substituição de materiais de preenchimento em embalagens de papelão (RAZERA, SANTOS e SCHUSTER, 2011). O artigo descreveu o experimento de moldagem por compressão de aparas recolhidas das sobras de fabricação de embalagens da empresa Embrart, que resultou nesta proposta de reutilização destes resíduos pela própria indústria fabricante do papelão.

Este trabalho teve como objetivo propor a continuação do estudo acima citado, propondo a inserção na indústria de um novo processo de reutilização, utilizando a



quantidade e qualidade das aparas produzidas por meio da fabricação de caixas de papelão pela empresa.

## **1.2 OBJETIVO**

Esta pesquisa tem o objetivo de reaproveitar as aparas de caixas de papelão ondulado com a proposta para ser usado como preenchimento e calço em embalagens de transporte. Adicionar maior valor agregado às aparas e manter compatível com o ciclo de vida das embalagens de papelão ondulado.

### **1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Entender o Mercado e processo de produção das empresas de cartonagem
- Analisar e selecionar o resíduo com as melhores características para utilizar como compósito.
- Analisar o custo e volume dos resíduos para verificar a viabilidade de um novo produto.
- Criar modelos para testar a prensagem de compósitos com os tamanhos das aparas disponibilizados pela empresa.
- Manter os produtos propostos dentro do ciclo de vida do descarte do PO.
- Promover ganhos ambientais e econômicos ao interferir no ciclo de vida da matéria-prima componente das aparas.
- Criar a quebra de paradigma da produção convencional da empresa, por meio do design de um produto inovador.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

O aumento do consumo de alimentos industrializados vem gerando grande volume de embalagens descartadas, entretanto, o problema da reciclagem de embalagens, como de qualquer outro material, deve ser cuidadosamente avaliado para não gerar mais impactos ambientais no lugar de reduzir estes resíduos. Apesar de difícil quantificação, é preciso levar

em consideração os balanços energéticos e de recursos (água, veículos, equipamentos, pessoas) necessários para a cadeia de reciclagem. É um problema de logística reversa que envolve aspectos sociais e ambientais. Essa cadeia deve ser planejada e organizada para mitigar os impactos negativos e gerar impactos positivos no ambiente.

Apesar de ser difícil conceber que uma única organização encampe toda uma cadeia de reciclagem, do seu início ao seu fim, as empresas podem ser importantes atores nesse cenário (GIOVANNINI, 2008).

### 1.3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão de resíduos sólidos industriais, que é um aspecto da gestão ambiental, passou a ser estudada como disciplina há pouco mais de três décadas, pois só a partir de então as leis e regulamentos sobre meio ambiente se tornaram mais rigorosos, específicos e restritivos à ação poluidora, em vários países (TIBOR e FELDMAN 1996). Na prática, a gestão ambiental, ou *environmental management*, e a gestão de resíduos sólidos, ou *solid waste management*, significam o planejamento, a adoção e a implementação de medidas visando incorporar soluções, relacionadas a problemas ambientais e a geração de resíduos sólidos, às rotinas de gestão das empresas.

O foco da gestão de resíduos sólidos com origem industrial, concentra-se no uso de matérias-primas e de processos de fabricação que evitem, ao máximo, a geração de resíduos derivados desses processos. Apesar de sua importância estratégica em termos de melhoria da qualidade de produtos, processos, padrões ambientais e inclusive em termos de redução de custos, a gestão de resíduos sólidos industriais ainda é uma preocupação para muitas empresas, uma vez que não contam sequer com gerenciamento ambiental amplo e resolvem seus problemas de resíduos de forma inadequada, não internalizando os custos da poluição que causam (VIEGAS, 1997).

As indústrias brasileiras de papel e celulose tem se sensibilizado, devido a maior regulação das leis de proteção ao meio ambiente, com relação ao consumo de matéria prima, produção e emissão de resíduos em seus processos. Devido aos grandes volumes de produção e consumo de papel do setor, os resíduos resultantes se tornam muito significativos em relação aos custos de toda a cadeia produtiva, causando grande interesse na eficiência e viabilidade econômica da reciclagem destes resíduos industriais.

A Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA (BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel. 2013), ressalta que entre os papéis consumidos, o maior destaque é para as caixas de papelão ondulado, pois funcionam como embalagem de transporte para a quase totalidade das mercadorias comercializadas em supermercados, lojas de departamentos e estabelecimentos fabris. Também são gerados resíduos de caixas nas residências, especialmente as que serviram de embalagem para acondicionamento de eletrodomésticos.

O volume de aparas transformadas no Brasil, em 2010, atingiu a marca de 4 milhões de toneladas, o que significa um crescimento de 3,2 % sobre os 3,9 milhões de toneladas consumidas em 2009. A taxa de recuperação no volume de papel reciclado sobre o total de papel que entrou no mercado brasileiro em 2010, foi de 44% e vem se mantendo estabilizada em torno de 45%, nos últimos dez anos. É importante observar que, diferentemente do que ocorre em outros países, que apresentam alta taxa de coleta de aparas, praticamente todo material recolhido no Brasil é transformado no próprio território.

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DA PROPOSTA.

As empresas de cartonagem reciclam seus resíduos, as aparas resultantes da fabricação de caixas de vários modelos, normalmente através de terceiros, empresas chamadas aparistas. Estas empresas compram as aparas, segundo pesquisa feita com a empresa Embrart, por 12% do valor por quilo da matéria prima utilizada.

A Embrart produz 3% de aparas de uma produção mensal aproximada de 600 toneladas de chapas de papelão ondulado em embalagens de transporte. Considerando-se que o material das aparas tem a mesma qualidade, ou seja maioria composta de fibras longas, o estudo visou aproveitar a grande quantidade e fluxo contínuo desta matéria prima já cortada, sem necessidade de reprocessá-la e transformar este resíduo em um produto com maior valor agregado para a indústria de embalagens.

A base de estudo, no contexto do setor concentrou-se primeiramente em algumas variáveis: objetivou usar o mesmo tipo de adesivo utilizado no PO como material para agregar e conformar as aparas em um novo produto e ser reciclado facilmente junto com o material das caixas; Este novo produto deveria manter relação com parte da linha de produtos e serviços que a empresa já possui relacionados com embalagens de transporte.

As características principais das embalagens de transporte: a) o manuseio seguro durante o transporte, b) a resistência ao choque, e c) empilhamento dos produtos embalados.

Desta forma o novo produto foi orientado à suprir as funções de calço interno e preenchimento de espaços vazios dentro das embalagens. A intervenção propôs o mínimo de processos a serem agregados ao novo produto, e utilizar o mesmo tamanho das aparas selecionadas. Finalmente, o produto deveria manter relação competitiva do peso com outros materiais utilizados como calços e preenchimento deste tipo de embalagens.

## **1.5 METODOLOGIA DO TRABALHO**

O uso da tecnologia de compósitos foi escolhida, porque as aparas se comportam como material de reforço e corpo ao produto, já o adesivo se comporta como o polímero termoplástico que mantém as aparas unidas, e pode ser facilmente moldado por compressão a quente ou mesmo a frio e pode ser reciclado com facilidade (ABMACO, 2008).

O foco se manteve em testar o processo e então avaliar as possibilidades de conformação das aparas pelo design proposto em um produto com integridade física para ser utilizado como calço ou preenchimento de embalagens de transporte.

As visitas realizadas à empresa Embrart para entrevistas e coletas de amostras resultantes da fabricação de embalagens de papelão ondulado, selecionou aparas da linha de caixas “Normal”. Nessa linha encontrou-se as aparas mais homogêneas em relação ao tamanho e frequência dos volumes na produção.

A variação entre o peso das aparas e a quantidade de adesivo determinaram a densidade das amostras testadas. Os resultados encontrados nos ensaios foram analisados para determinar a resistência do design e do material proposto após moldado.

O molde foi preparado a partir do design de um módulo de malha para que pudesse ser reproduzido em escala e quantidade posteriormente. Esse molde foi finalizado em alumínio para resistir a compressão e temperatura de secagem.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A revisão bibliográfica busca dados sobre casos de resíduos recicláveis, coletados dentro do ciclo de vida de produtos para embalagens de papelão ondulado ou outros similares comparáveis. A postura adotada baseia-se no conceito do eco-design e da sustentabilidade da cadeia de reciclagem da indústria de embalagens de papelão ondulado. O conceito de Ecodesign é recente, segundo Fiksel (1996), no início dos anos 90, as indústrias eletrônicas dos EUA começaram a criar produtos que fossem menos agressivos ao meio ambiente. A partir desta época, tem crescido o interesse pelo tema, principalmente em empresas que desenvolviam programas de gestão ambiental e prevenção da poluição. Desta forma, Ecodesign é definido como sendo um conjunto específico de práticas de projeto, orientadas à criação de produtos e processos tendo respeito aos objetivos ambientais, de saúde e segurança (Fiksel, 1996).

A reciclagem é uma das grandes soluções para a diminuição dos resíduos sólidos gerados pela sociedade, e o setor de celulose e papel tem uma atuação significativa nessa área. A taxa de recuperação do papel, que vem se mantendo estabilizada nos últimos dez anos em torno de 45%. A recuperação e a reutilização de papel geram benefícios sócio econômicos, como renda para cooperativas de catadores, e ambientais, ao recuperar materiais e recolocá-los no ciclo de consumo. A cadeia de valor da reciclagem começa na separação dos resíduos sólidos, passando pela coleta, triagem e preparação do material recolhido e, em seguida, pelo envio à indústria para que sejam transformados em nova matéria-prima.

Esta estrutura de coleta se beneficia diretamente da qualidade e volume final do material coletados, porque quanto mais concentrado estiver este material e mais homogêneo na qualidade, mais chances de diminuir o custo de coleta e separação relativo ao preço por quilo de material reciclado.

### **2.1 A RECICLAGEM E O MEIO AMBIENTE**

O aumento da conscientização ambiental tem levado a uma maior demanda por papeis reciclados após sua utilização pelo público (resíduo após consumo), ao invés de simplesmente jogá-los nos aterros (WBCSD, 2013). Segundo Andrade et al (2002), os gastos

com proteção ambiental começam a ser vistos pelas empresas líderes, não primordialmente como custos, mas como investimento no futuro e, paradoxalmente, como vantagem competitiva. Para Hunt e Auster (1990), melhores performances ambientais e econômicas podem coexistir por meio de um novo modelo de organização e de uma cultura empresarial baseada na eco eficiência, o que conduzirá a um desenvolvimento sustentável. Desde 1992, Ribeiro comenta que a incorporação do conceito de “desenvolvimento sustentável” pelo meio empresarial pode, se não reverter, ao menos amenizar a degradação do meio ambiente. Na perspectiva do desenvolvimento sustentável, a redução de agressões ambientais passa a ser considerada como um meio de eliminação de custos e consequente melhoria do fluxo de rendimentos para a empresa. Nesse sentido, mesmo não se tratando de uma novidade no processo de fabricação do papel, pois há séculos os materiais utilizados (aparas) tem sido reaproveitados na fabricação de novos papéis, a reciclagem é um importante aspecto da filosofia preservacionista, que resulta em benefícios tanto para as empresas como para a coletividade (APTCP, 2004). A reciclagem de papel no Brasil tem seu fundamento em questões de natureza essencialmente econômicas. Todavia, vem apresentando destaque crescente, uma vez que contribui para a preservação do meio ambiente e para solução da questão da destinação dos lixos urbanos (BRACELPA, 2010).

Um dos desafios do setor é esclarecer à sociedade que tanto o papel de fibra virgem quanto o reciclado, ambos produzidos com celulose extraída de florestas plantadas, têm grande valor para a indústria e para sociedade. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, para ser considerado reciclado, o papel deve conter pelo menos 50% de fibras recuperadas (pós-consumo ou pré-consumo) e, no mínimo, 25% de material pós-consumo recuperado após utilizado pelo consumidor, (BRACELPA, 2010).

Segundo Sampaio (2008), que trata da movimentação de embalagens de papelão entre empresas com base em sistema produto-serviço, quando enfoca a Ecologia Industrial demonstra, embora sendo considerado um sistema fechado, ainda apresenta possibilidades de intervenções que complementem e agreguem mais serviços ou produtos. A indústria de papelão é uma das indústrias de embalagens que mais reciclam, 73,3% do material consumido no Brasil em 2011 foi reciclado um total de 3 393 000 de toneladas.

## 2.2 APROVEITAMENTO DAS APARAS

No Brasil existem dois fluxos principais de coleta de aparas para seu aproveitamento: no primeiro, os papéis usados são coletados por pessoas físicas de baixo poder aquisitivo (catadores) que atuam nas áreas de concentração populacional, em áreas residenciais (para coleta de jornais e papelão) e comerciais (papel de escritório, jornais e papelão). Esses catadores, em geral, não restringem à coleta de papel, procurando também outros materiais recicláveis, como metais (alumínio) e vidros. Os catadores vendem o resultado de seu trabalho por quilo de cada tipo de material à depósitos localizados nos bairros, que fazem a separação e agrupamento dos materiais recebidos segundo os diversos tipos. Os depósitos vendem os papéis já classificados aos “aparistas”, que os revendem as empresas recicladoras. Os aparistas, de modo geral, só trabalham com papéis e papelões, e vários deles com tipos de papel específicos (só jornais ou papelão, papéis de escritório, etc.). No segundo fluxo de coleta, se encontram os aparistas ou, em menor grau, as próprias empresas recicladoras, compram diretamente aparas de empresas que utilizam muito papel como fábricas de embalagens, gráficas, supermercados, instituições financeiras, etc, Figura 1. Muitos aparistas possuem equipamentos para picarem e prensagem instalados nos grandes geradores de papéis usados (Macedo e Valença, 1995).



FIGURA 1 - MAPA DA RECICLAGEM DO SETOR DE PAPEL E PAPELÃO.

FONTE:BRACELPA–2013 (MODIFICADO PELO AUTO

As aparas, descartadas na produção das caixas de papelão, são constituídas da mesma matéria-prima utilizada nas embalagens - contendo fibras longas e com pouco material reciclado. As aparas produzidas na indústria de embalagens de caixas de papelão, que normalmente são coletadas e classificadas por terceiros, os aparistas, perdem valor como matéria-prima se misturadas com outros materiais durante a coleta para reciclagem e viram resíduo reutilizado nas indústrias de fabricação de papel. Com procedimentos de coleta e separação adequados e sem a contaminação de outros materiais, pode ser reutilizado com bom rendimento estrutural em outro produto de boa qualidade.

As aparas produzidas na empresa Embrart possuem tamanhos variados em relação a determinados modelos de embalagens. Esses tamanhos de aparas para manter características homogêneas quando aglomerados em um compósito precisam ter tamanhos uniformes. Apenas a produção de um modelo de embalagem (caixa simples), gera aparas com esta característica, segundo coleta de dados feita na empresa.

## 2.3 O SETOR DE PAPEL E CELULOSE

No Brasil, as atuais plantações de eucaliptos e *pinus* representam um grande estoque de carbono, equivalente a 1,3 bilhão de toneladas de CO<sup>2</sup>, graças a uma das mais avançadas tecnologias florestais do mundo. Como ordem de grandeza, esse estoque seria suficiente para mitigar as emissões de todo o parque industrial brasileiro. São aproximadamente 11 milhões de hectares ocupados pelo setor de florestas plantadas, incluindo plantações florestais homogêneas (6,7 mil ha), áreas naturais protegidas (4 mil ha) e áreas industriais e de infra - estrutura (BRACELPA, 2013).

A análise do mapa da produção de papel e celulose da BRACELPA 2010, divulgado em seu último relatório anual tem-se uma amostra dos volumes diferenciados entre os estados produtores de papel e os consumidores em relação a reciclagem. O material reciclado tem grande importância em parte da produção de papel além da polpa vinda das florestas plantadas.



As indústrias produtoras promovem a coleta de material usado e dependem de uma rede organizada de coleta que se concentra, por causa dos custos de transporte e armazenagem, próxima dos grandes mercados consumidores para suprir as indústrias de produção de papel com este material, Figura 2 (BRACELPA, 2010).

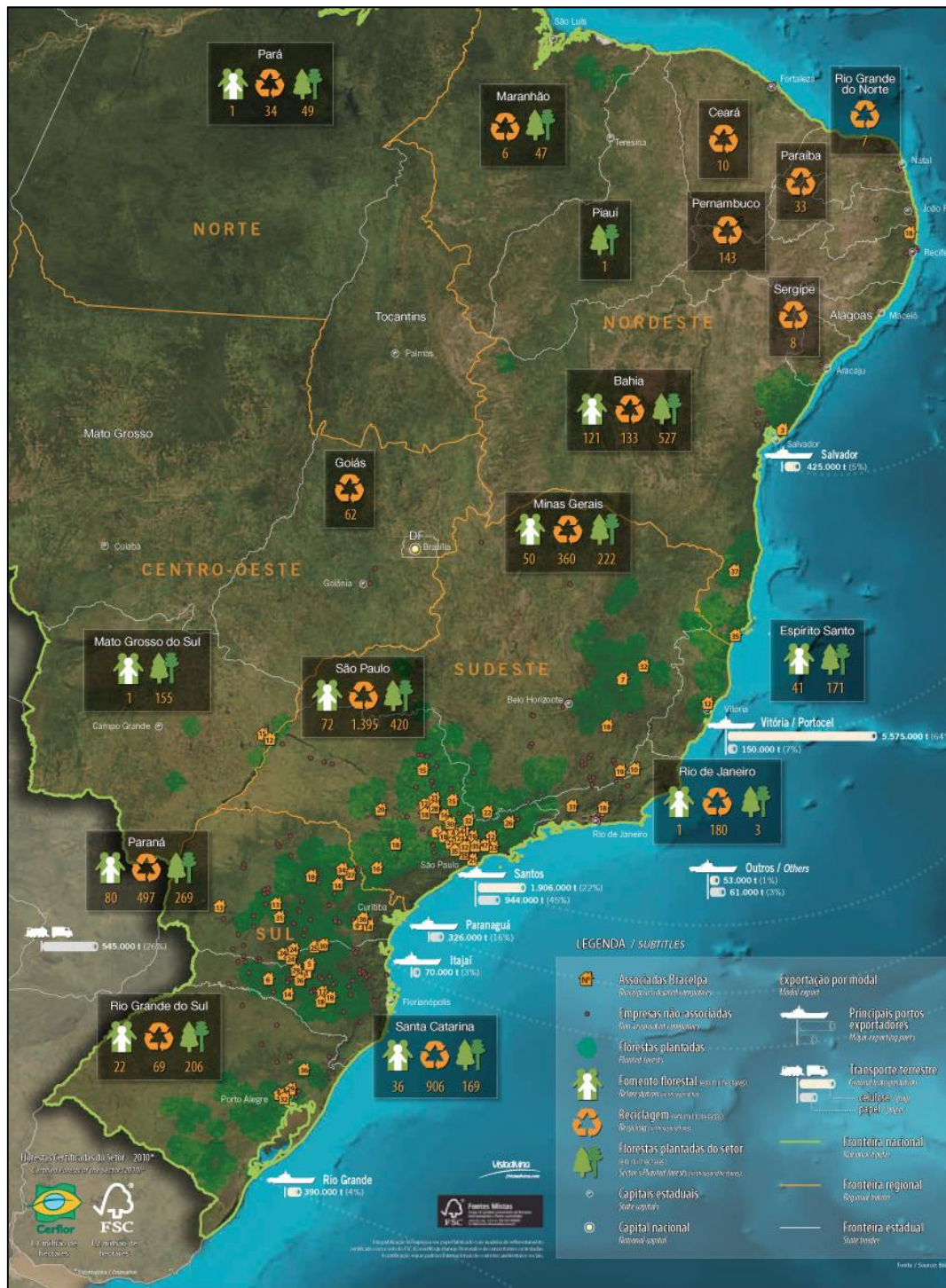


FIGURA 2 - MAPA DO SETOR DE CELULOSE, PAPEL E PRODUTOS FLORESTAIS BRASIL 2010.

FONTE:BRACELPA-2013

Os maiores estados recicladores de papel (acima de 100 mil toneladas), responderam em 2010 juntos por 3 584 mil toneladas de papel reciclado: SP - 1 365 mil toneladas - é o maior mercado consumidor, concentra grande numero de empresas produtoras de papel e tem a segunda área de florestas plantadas; SC - 906 mil toneladas - não é grande consumidor, mas possui grandes industrias de papel e a sexta área de florestas plantadas; PR - 497 mil toneladas - concentra muitas industrias de papel e possui a terceira área de florestas plantadas; MG - 360 mil toneladas - é um grande mercado consumidor de papel, mas recicla menos do que poderia, possui a quinta área de florestas plantadas e exporta grande quantidade de polpa através do Porto de Vitória - ES; RJ - 180 mil toneladas - mercado consumidor significativo, baixa reciclagem, mas sem produção significativa; PE - 143 mil toneladas - mercado consumidor sem produção ou áreas de floresta plantada; BA - 133 mil toneladas - o primeiro em área de florestas plantadas - (principalmente eucaliptos), produz principalmente polpa *Kraft* branqueada exportada para 50 países pelo Porto de Vitória.

## 2.4 A PRODUÇÃO DE PAPEL

De acordo com informações disponibilizadas pela BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel 2011, os dados sobre o o ciclo de produção da celulose e papel no Brasil são mapeados por regiões quanto as áreas de plantio e quantidades de material reciclado na sua produção além de outras informações.

A matéria-prima básica da indústria papeleira é a celulose, obtida pelo beneficiamento da madeira de florestas plantadas, cujo grau de sustentabilidade ambiental é muito eficiente e no Brasil 100% da produção de celulose e papel vem de recursos renováveis. Outro material beneficiado para obter a celulose vem de aparas de papel geradas durante o processo industrial ou recuperadas após o consumo dos produtos, além de outros materiais fibrosos. Conforme o tipo de papel a ser produzido, a celulose é submetida a tratamentos especiais antes de ser processada na fábrica de papel. Quando se destina à escrita, por exemplo, precisa ter um padrão capaz de conferir à folha uma característica absorvente e áspera na medida certa para o uso de caneta e lápis. No caso das embalagens de produtos, os principais objetivos são: rigidez necessários para o transporte e

armazenagem; resistência aos choques no manuseio além da proteção à sujeira; sendo que no caso de exposição a humidade imprescindível a impermeabilização com filme plástico ou aplicação de verniz.

As florestas plantadas são cultivadas atendendo a planos de manejo sustentável que têm como objetivo reduzir os impactos ambientais e promover o desenvolvimento econômico e social das comunidades vizinhas. Com tecnologias avançadas de gestão e controle, as empresas de celulose e papel propõem alcançar práticas de excelência em sustentabilidade na área ambiental. A utilização de florestas plantadas para fins industriais é essencial para a conservação do meio ambiente, as árvores produzem a matéria-prima que supre a necessidade da população por papel, madeira, lenha, carvão para uso energético e outros produtos de largo consumo, objetivando não esgotar os recursos naturais. No Brasil, as atuais plantações de eucaliptos e *pinus* representam um grande estoque de carbono, equivalente a 1,3 bilhão de toneladas de CO<sup>2</sup>, graças a uma das mais avançadas tecnologias florestais do mundo. Como ordem de grandeza, esse estoque seria suficiente para mitigar as emissões de todo o parque industrial brasileiro. São aproximadamente 11 milhões de hectares ocupados pelo setor de florestas plantadas, incluindo plantações florestais homogêneas (6,7 mil ha), áreas naturais protegidas (4 mil ha) e áreas industriais e de infraestrutura (BRACELPA, 2010). As florestas plantadas são o resultado de uma história de aprendizado recente. Florestas comerciais existem no Brasil há aproximadamente um século, mas a ciência que garante o uso sustentável foi introduzida no País há 50 anos, quando os cursos superiores começaram a formar profissionais especializados. Essas florestas configuram normalmente áreas degradadas que já tinham suas florestas originais removidas e ficam próximas dos centros produtores de papel, desta forma asseguram um controle de manejo e matéria prima para a produção continuada da polpa de celulose para fabricação do papel pelas indústrias.

A celulose chega à fábrica de papel em placas. Depois, é misturada à água em equipamentos chamados *hidrapulper* – semelhantes a liquidificadores gigantes – para a formação de uma massa, Figura 3 - BRACELPA 2011.

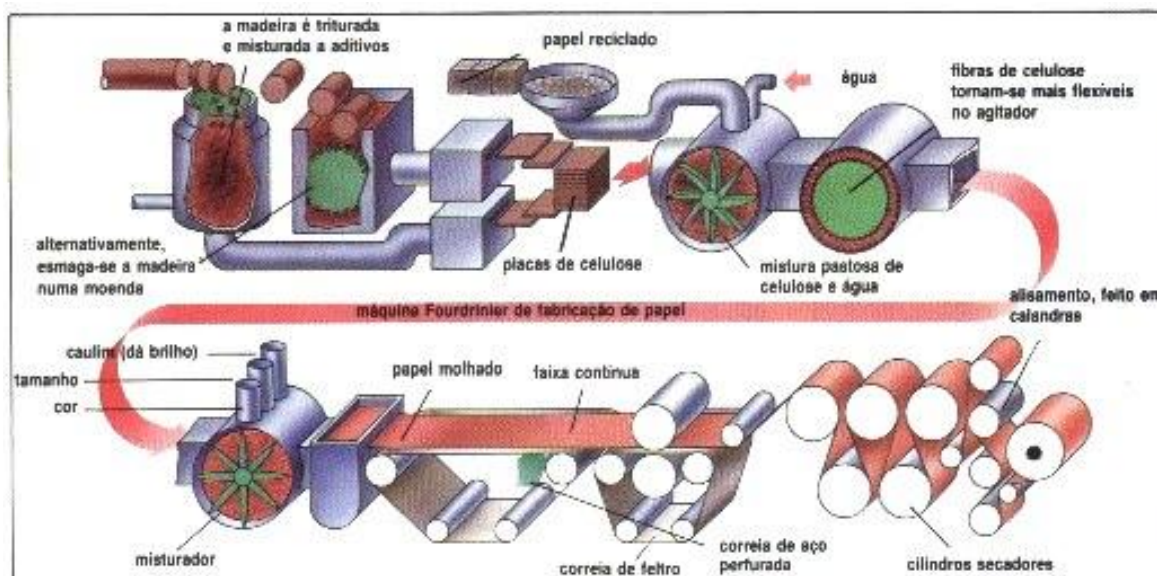


FIGURA 3: FABRICAÇÃO GENÉRICA DE PAPEL

FONTE: SITE [www.sosquimica.com.br](http://www.sosquimica.com.br).

Essa massa, antes de seguir para a máquina de papel, pode sofrer transformações, como tingimento, adição de colas e outros produtos que vão conferir características especiais ao papel. Pode também passar por processos que quebram as fibras em pedaços ainda menores, visando maior aderência, uniformidade e resistência da folha.

Quando chega à máquina de papel, a massa de celulose é submetida a duas etapas: uma úmida e outra seca. Na primeira delas, é formada a folha de papel: sobre uma tela, as fibras de celulose são separadas da água, resultando em uma espécie de tecido com pequenos fios trançados. Na segunda, a folha percorre um sistema de cilindros altamente aquecidos por vapor, para uma secagem complementar. No final dessa etapa, o papel recebe tratamentos para atingir determinados padrões, conforme o seu uso. O método mais utilizado é a calandragem, na qual o material é submetido a um sistema de rolos que intensifica as características de lisura e brilho do produto final. Por fim, o papel é enrolado em bobinas, pronto para ser utilizado em suas diversas aplicações.

Processo limpo – Além do tratamento de efluentes, a maioria das fábricas reutiliza a água e as fibras que sobram após o beneficiamento industrial. Para abastecimento de

energia, é crescente o uso de biomassa, como restos de madeira e outros resíduos gerados na produção de celulose.

## **2.5 PAPÉIS PARA EMBALAGENS**

São papéis que protegem e acondicionam produtos. Moldados principalmente como caixas ou sacos, apresentam grande diversidade – tanto para embalagens leves como pesadas. Permitem o uso de fibra reciclada na sua produção e têm a boa resistência como uma de suas características básicas.

Esses papéis compõem embalagens para uma variada gama de produtos, de remédios a gêneros alimentícios, inclusive bebidas e congelados. Servem também para outros usos, como forração de paredes ou produção de envelopes.

A impermeabilidade e outras características exigidas para contato direto com alimentos e outros produtos são definidas pelos processos de tratamento industrial do papel e pela sua combinação com outros materiais, como plásticos e metais.

### **2.5.1 Papéis para Embalagens Leves**

As embalagens de produtos leves são mais requisitadas no quesito proteção e impermeabilidade, com esforços físicos limitados, muito utilizadas para alimentos: Estiva e Maculatura - papel fabricado essencialmente com aparas, em cor natural, acinzentada, é usado para embrulhos que não requerem apresentação, tubetes e conicais; Papel Seda de embalagem, branco ou em cores é usado para embalagens leves, embrulhos de objetos artísticos, intercalação, enfeites, proteção de frutas, etc; Papel *Glassine*, cristal ou pergaminho tem como principal característica a transparência, obtida mediante elevado grau de refino no processo produtivo. É usado em embalagens de alimentos, como proteção de frutas nas árvores e papel auto-adesivo; Papel *greaseproof* - translúcido, possui elevada impermeabilidade às gorduras e, por isso, compõe embalagem para produtos gordurosos (BRACELPA, 2013).



## 2.5.2 Papeis para Embalagens Pesadas

A principal característica desses papéis é a resistência mecânica. São fabricados geralmente a partir da pasta química sulfato, branqueada ou não.

O Papelão Ondulado (PO) - Papel de embalagem, usado na fabricação de chapas e caixas é classificado em, Figura 4: 1 - Miolo, Papel ondulado, utilizado no miolo da chapa de papelão; 2 - Capa de 1ª (*kraftliner*) Papel fabricado com participação de fibras virgens; 3 - Capa de 2ª (*testliner*) Papel semelhante ao Capa de 1ª, porém com propriedades inferiores.

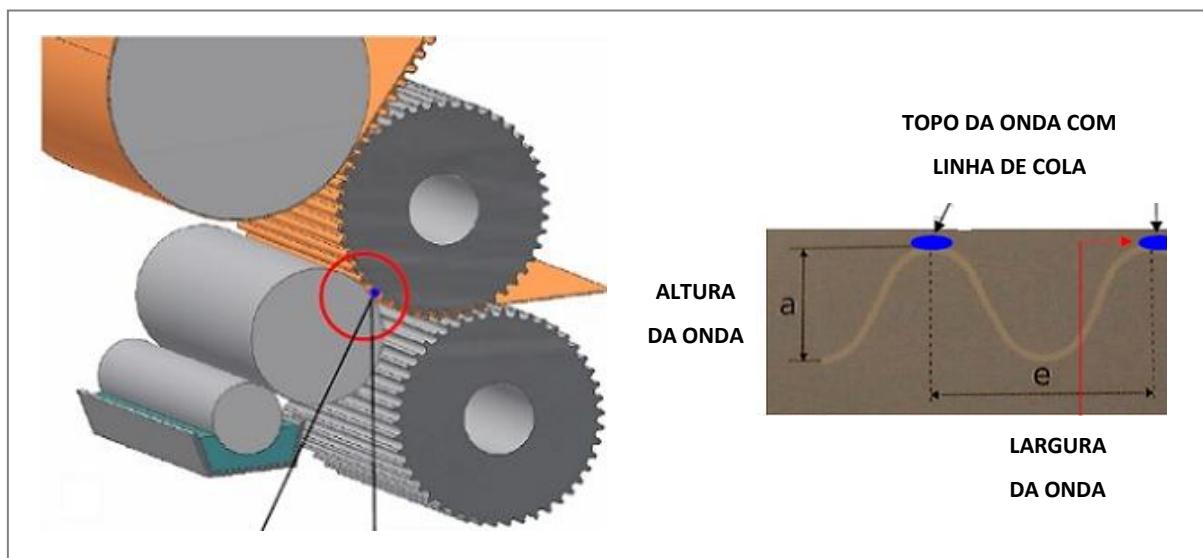


FIGURA 4: FABRICAÇÃO DO PAPELÃO ONDULADO

Fonte: Modificado pelo autor

Na sequência de classificação, o papel *White top liner* Papel branco é fabricado com grande participação de fibras virgens; Papel *Kraft* Papel de embalagem, cuja característica principal é sua resistência mecânica, é classificado em: 1 - Kraft natural para sacos multifolhados - Papel fabricado essencialmente a partir de fibra longa. Altamente resistente ao rasgo e ao estouro, é usado essencialmente para sacos e embalagens industriais de grande porte; 2 - Kraft extensível - Fabricado essencialmente a partir de fibra longa. Altamente resistente ao rasgo e à energia absorvida na tração, é usado para embalagem de sacos de papel; 3 - Kraft natural ou em cores para outros fins é fabricado essencialmente a partir de fibra longa, monolúcido ou alisado, com características de resistência similar ao Kraft Natural para sacos multifolhados, é usado para a fabricação de sacos de pequeno porte, sacolas e para embalagens em geral; 4 - Kraft branco ou em cores - fabricado essencialmente a partir de fibra longa, monolúcido ou alisado, é usado como folha externa

em sacos multifolhados, sacos de açúcar e farinha, sacolas e, dependendo da gramatura, para embalagens individuais de balas, bombons, etc. Tipo *Kraft* de 1ª - Papel de embalagem, semelhante ao Kraft Natural ou em Cores, porém com menor resistência que este, monolúcido ou não, é usado geralmente para saquinhos, etc; e ainda, o Tipo *Kraft* de 2ª - Papel semelhante ao Tipo *Kraft* de 1ª, porém com resistência inferior, é usado para embrulhos e embalagens em geral (BRACELPA, 2013).

## 2.6 AS EMPRESAS DE CARTONAGEM

A indústria de embalagens de papelão ondulado utiliza sistemas de fabricação convencionados como: “caixas normais” - fabricação de caixas padrão através das máquinas de corte e vinco com ângulos ortogonais; “super vinco”- embalagens com formatos variados com corte e vinco curvos; “sistema *CFG – Cutting Folding Glued*” para confecção de acessórios e calços como dobradiças e montagens de calços multi-onda através da colagem manual. Todos estes sistemas de fabricação de embalagem com PO geram sobras de chapas consideradas aparas.

As aparas de papelão são normalmente direcionadas para reciclagem, mas o volume produzido sugere que possam ser utilizadas para produção de outros produtos.

A viabilidade na utilização de resíduos de PO para a fabricação de compósitos depende principalmente da disponibilidade em grandes volumes contínuos desse resíduo (só a Embrart processa 3000 toneladas mensais de PO). Na pesquisa foram identificados dois tipos de fábricas que atuam no setor de embalagens e que podem fornecer material residual. Essas empresas são descritas abaixo e possuem as seguintes características com relação ao uso de materiais descartados:

1. Empresas fabricantes de PO: atuam na fabricação da celulose, papel Kraft, papelão ondulado e embalagem de caixa rígida, produzem produtos de naturezas diferentes, isto é, possuem uma produção integrada. A empresa pode ser uma fornecedora de aparas de papelão, porém, os resíduos são aproveitados na fabricação de outros produtos dentro do processo da empresa.

2. Empresas de cartonagem: atuam na fabricação da caixa de PO a partir da aquisição de chapas pré-cortadas de papelão ondulado. As sobras geradas pela produção,

as aparas, são comercializadas como sucata, não tendo um valor para empresa de cartonagem.

Na empresa fabricante de papelão ondulado, no aproveitamento das sobras de embalagem (aparas), o processo o mais viável é o da reciclagem, onde os resíduos são transformados em papel. Este material reciclado, normalmente, é utilizado para confecção do miolo (onda) do papelão ondulado. Neste sentido, as empresas de cartonagem, possuem o resíduo mais apropriado para a pesquisa, já que não há retorno das aparas a fábrica de origem.

### 2.6.1 Características das Caixas de Papelão Ondulado

O papelão ondulado, conforme a Norma NBR 5985/83 – “Papelão Ondulado e Caixas de Papelão Ondulado – Terminologia”, é definido como uma "estrutura formada por um ou mais elementos ondulados (miolos) fixados a um ou mais elementos planos (capas) por meio de adesivo aplicado no topo das ondas”.

De acordo com a terminologia da ABPO - Associação Brasileira de Papelão Ondulado, os tipos de papel utilizados na caixa de papelão são Figura 5.

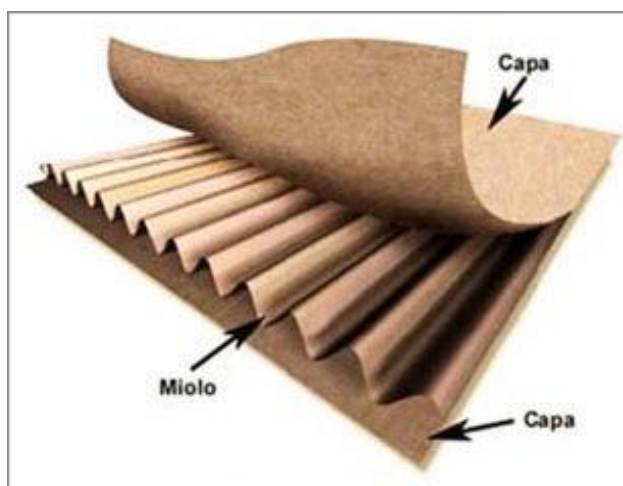


FIGURA 5: PAPELÃO ONDULADO  
FONTE: ABPO

- Miolo papel ondulado, utilizado no miolo da chapa de papelão, produzidos com papel reciclável para facilitar a produção das ondas, geralmente com 120 a 150g/m<sup>2</sup>.



- Capa de 1ª (*kraftliner*) Papel fabricado com grande participação de fibras virgens, geralmente com 120g/m<sup>2</sup> ou mais, atendendo às especificações de resistência necessárias para constituir a capa externa das caixas de papelão ondulado.

- Capa de 2ª (*testliner*) Papel semelhante ao Capa de 1ª, com propriedades inferiores, pela utilização de alta proporção matérias-primas recicladas, usado no interior das caixas.

- White top liner Papel branco com grande participação de fibras virgens, com especificações de resistência requeridas para constituir parte das caixas de papelão ondulado.

- O adesivo utilizado nas chapas de papelão ondulado por suas propriedades físicas e de reciclabilidade é o adesivo de fécula ou amido de mandioca, de larga utilização nas indústrias papeleiras, têxtil, de mineração, alimentícia e química, entre outras. A fécula extraída da mandioca concorre de igual para igual, em termos de qualidade com a produzida a partir do milho e da batata em outros países. O adesivo, por ser parte importante na obtenção de um produto com características de resistência e produtividade tem uma análise mais apurada. Os amidos são produtos de tipo orgânico que podem ser obtidos a partir dos seguintes fontes: milho, mandioca, trigo e batata. De acordo com a origem serão determinadas as características de cada um. Portanto, é essencial saber as suas propriedades para desenvolver uma fórmula correta de adesivo.

### 2.6.2 A Empresa de Cartonagem Embrart

A Embrart é uma empresa brasileira criada em 1986 e produz embalagens de papelão ondulado dirigidas para os diversos setores da economia, como as indústrias metalúrgica, alimentícia, automobilística, eletro eletrônica, gráfica, higiene e limpeza, movelaria, e outras com menores e mais inconstante volumes. A empresa possui certificação de qualidade ISO - 9001 desde 2001, no setor de papelão ondulado. O parque industrial, que foi visitado, na cidade de Curitiba possui 12 000 m<sup>2</sup> e capacidade de processar 3 000 toneladas mensais de papelão ondulado. Possui outra filial em Campo Alegre - SC, mas com capacidade menor de 1000 toneladas mensais de processamento de papelão ondulado. A Embrart possui maquinário variado e versátil para atender diferentes clientes e volumes.

Possui duas impressoras *flexo-folder-gluer* automatizadas com capacidade individual de produção de até 15 000 caixas acabadas por hora em vários modelos. Para caixas semi-acabadas a empresa possui quatro impressoras *printer-slotter* que produzem individualmente 5 000 caixas por hora. No caso de caixas corte e vinco a Embrart possui uma impressora rotativa com capacidade para volumes maiores. As embalagens produzidas pela Embrart suprem a necessidade de serem montadas e desmontadas para transporte e armazenagem. A disponibilidade de impressão também aumenta a de personalização das caixas assim como a oferta de projetos customizados para acomodar produtos específicos.

A Embrart produz caixas do tipo, Figura 6: Normal, ou caixa simples que precisa de apenas uma colagem para ser estruturada (manual ou mecânica) uma das mais utilizadas para transporte em geral, o fechamento normalmente é feito com fitas adesivas; Corte e Vinco, sem necessidade de uso de materiais de fechamento posterior; Abas transpassadas, modelo que aumenta a resistência da caixa e pode ser fechada com grampos; Especial, modelos customizados para produtos específicos.

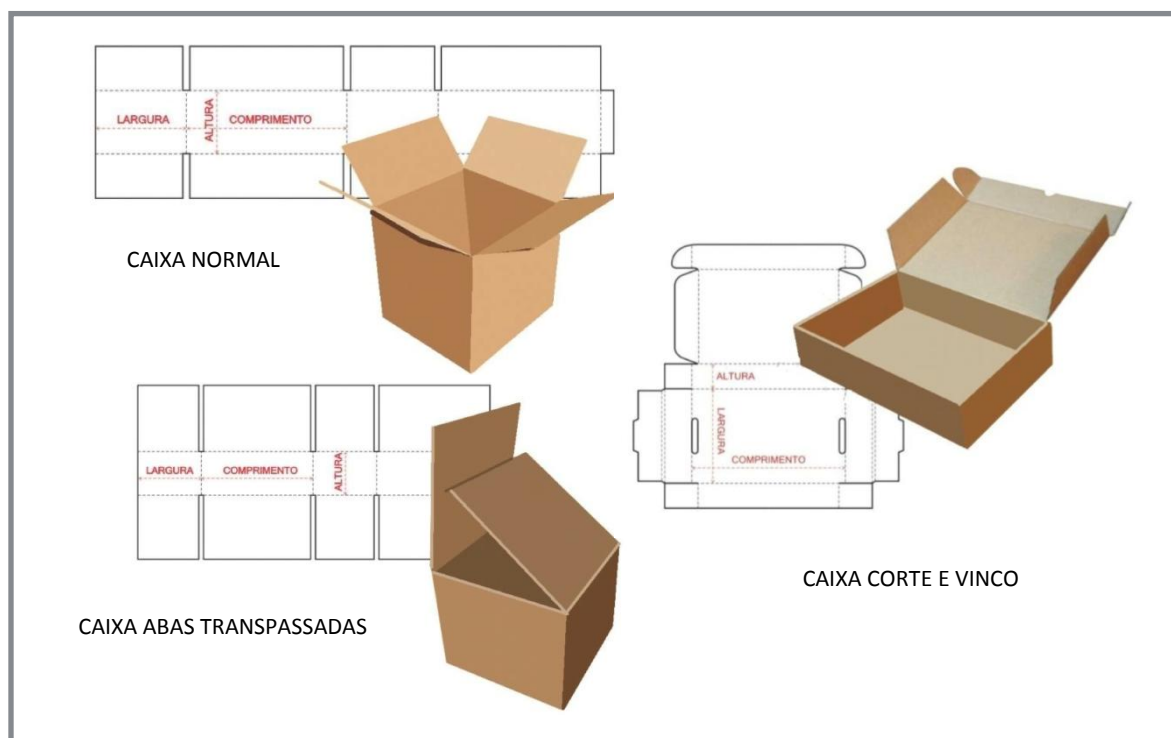


FIGURA 6: PLANIFICAÇÃO DE CAIXAS DE PAPELÃO PADRÃO  
FONTE: Modificado pelo autor

As aparas são o material residual da planificação dos modelos das caixas, suas dimensões variam de acordo com a quantidade de reentrâncias e formatos dos cortes mais

elaborados. As aparas geradas pela produção das caixas, são coletadas diretamente junto das máquinas de produção, Figura 6 algumas por meio do sistema de exaustão, Figura 7 que as deposita em caçambas cedidas por terceiros, os aparistas, Figura 8.

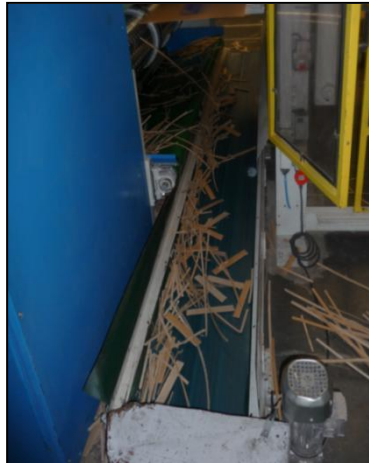


FIGURA 7: COLETA DE APARAS AUTOMÁTICA  
FONTE: Autor



FIGURA 8: SISTEMA DE COLETA INDUSTRIAL DE APARAS  
FONTE: Autor



FIGURA 9: CAÇAMBA DE 25t PARA COLETA DAS APARAS  
FONTE: Autor

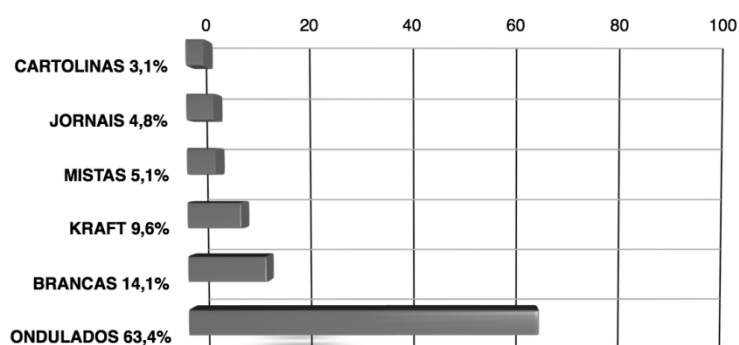
Os aparistas comercializam estas aparas como resíduos, retirados semanalmente em duas caçambas com capacidade de 25 toneladas cada sem separação entre os tipos e tamanhos coletados. O valor pago pelos aparistas no ano de 2013 à empresa era de R\$ 0,30 por quilo em oposição a R\$ 2,50 por quilo das chapas de papelão adquiridas para produção de novas caixas.

### 2.6.3 Ciclo de vida do papelão ondulado

Segundo levantamento pelo CEMPRES 2012 (Compromisso Empresarial para Reciclagem), no mercado de papelão ondulado o principal consumo é feito pelas indústrias de embalagens. No Brasil, em 2011, a produção de papel ondulado para fins de embalagens foi de 43,9% do total.

As embalagens são 100% recicláveis e biodegradáveis com baixo impacto ambiental nos estágios de seu ciclo de vida. Este ciclo constitui uma cadeia praticamente fechada onde a embalagem usada é reciclada e utilizada na fabricação de novas embalagens. O material é coletado em grandes volumes comerciais e identificado facilmente entre outros tipos de papel. No Brasil 73,3% do total de papel ondulado consumido em 2011 foi reciclado, que corresponde a 3 393 000 de toneladas. A taxa de recuperação de aparas de papel foi de 43,5% do total de consumo aparente de todo tipo de papéis no Brasil, segundo Relatório Estatístico Anual Bracelpa - 2010. Outro dado mais específico mostra a importância de um setor organizado na coleta das aparas para reciclagem, como o de embalagens de papelão ondulado. O papelão ondulado representa 63,4% do total do consumo de todos os tipos de aparas recuperadas para a fabricação do papel. Vários fatores contribuem para esse resultado em relação aos outros tipos de papéis. Cerca de dois terços do papel jornal consumido no Brasil é importado, pois é um papel com fibra longa não produzido em grande quantidade no mercado interno, que tem um único fabricante, sem competição interna, então a maioria das aparas acaba sendo misturada com outros papéis. Outro papel que aparece em quantidades razoáveis é o *Kraft* que facilmente se mistura as aparas de papelão ondulado, Tabela 1.

TABELA 1: TAXA DE RECUPERAÇÃO DE APARAS DE PAPEL



FONTE: RELATÓRIO ANUAL BRACELPA 2010 Modificado pelo autor

A linha de papéis brancos, utiliza pouco papel reciclado porque necessita de aditivos para branqueamento e purificação de aparas que se encontram fora do padrão mínimo de seleção e, encarecem o produto final. Uma boa parte da destinação das aparas de papel branco acaba sendo dirigido à fabricação de papéis para fins sanitários (guardanapos, higiênicos, toalhas de papel, toalhas de cozinha, etc), que são destruídos após o uso.

## **2.7 O DESIGNER NO PROCESSO DE RECICLAGEM.**

Para o design seria o cenário perfeito conhecer todos os elementos que podem interferir no projeto, mas existem fatores não conhecidos ou mesmo que não se tornam visíveis antes do produto estar pronto, segundo Manzini e Vezzoli, 2008 como fatores legais, normativos, culturais, etc. Seria então realista dizer que o designer não precisa atuar em todas as etapas, mas pode projetar com o objetivo de minimizar o impacto ambiental de um sistema-produto por quem produz ou apenas no caso de o controle seja apenas parcial, assim três casos são citados como possíveis:

- a) Projetar para a realização do sistema por inteiro e todas as fases do ciclo de vida;
- b) Projetar um produto que faça parte de um sistema controlado por outros atores na totalidade ou em partes;
- c) Projetar um produto para um sistema em desenvolvimento, a ser controlado por outros no todo ou em partes;

A abordagem sistêmica em qualquer dos casos facilita a identificação dos impactos ambientais dos produtos, sem cometer o deslocamento dos impactos apenas de uma fase para outra dentro do ciclo de vida do produto.

Como Manzini e Vezzoli, 2008 comentam, a análise do ciclo de vida (ACV) do produto, não determina um produto como eco-eficiente por satisfazer apenas os requisitos ambientais. O projeto de um produto também precisa satisfazer requisitos de prestação de serviços, tecnológicos, econômicos, legislativos, culturais e estéticos. Integrar os requisitos ambientais no desenvolvimento dos produtos e serviços depende do uso de estratégias orientadas ao design do ciclo de vida:

- Minimizar o uso de recursos: reduzir o uso de matérias primas e energia;

- Escolher recursos e processos com baixo impacto ambiental: selecionar matérias primas, processos e fontes energéticas de maior ecocompatibilidade que sejam renováveis, próximas das fontes, com o mínimo de impacto irreversível ao ambiente, etc.
- Otimizar a vida dos produtos: projetar pensando no máximo tempo de uso;
- Estender a vida dos materiais: projetar valorizando as possibilidades de reaplicação dos materiais quando descartados.

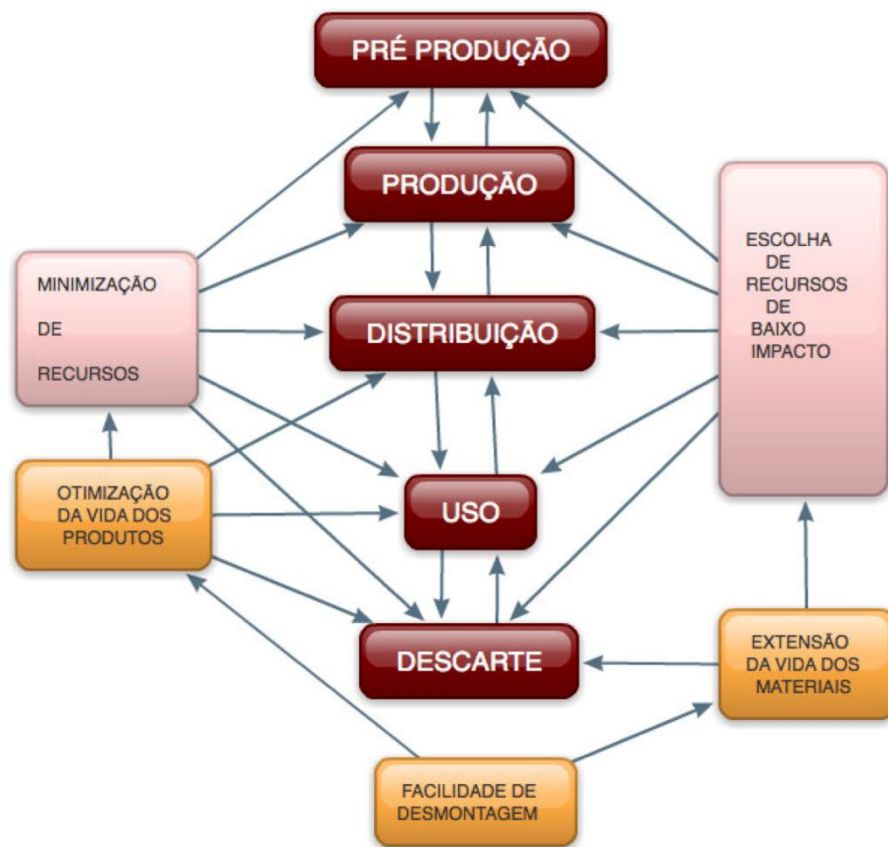


FIGURA 10: ESTRATÉGIAS DE ACV (*LIFE CYCLE DESIGN*)  
 FONTE: MANZINI E VEZZOLI 2008 Modificado pelo autor

- Facilitar a desmontagem: projetar para facilitar a posterior separação de partes e identificação dos diferentes materiais componentes do produto;
- A minimização e escolha de recursos com baixo impacto ambiental podem ser implantados em todas as fases do ciclo de vida dos produtos. A otimização da vida dos produtos, no entanto, se relaciona mais diretamente com as fases da distribuição, uso e do descarte. Estender a vida dos materiais, pertence a fase do descarte, e é influenciado pela

escolha dos materiais do produto. Vezzoli ressalta que a facilidade de desmontagem dos produtos funciona para a otimização e extensão da vida dos materiais.

## 2.8 RECICLAGEM DAS APARAS DO PAPEL ONDULADO

As empresas processadoras (aparistas) que fazem a coleta e a classificação das aparas de papel para serem recicladas pelas indústrias, são responsáveis pelo controle da oferta e demanda do mercado através da regulação do fluxo via estoques, em torno de 14% por empresas de pequeno porte, 35% médio porte e mais de 50% controlado pelas de grande porte. As áreas de depósitos que exigem um capital imobilizado considerável, em 2011 segundo a ANAP - Associação Nacional de Aparistas chegou a 1 600 000 m<sup>2</sup>, Tabela 2.

TABELA 2: MERCADO DE EMPRESAS APARISTAS BRASIL 2011

EMPRESAS PROCESSADORAS	PORCENTAGEM DO MERCADO	FROTA CAMINHÕES 25 T PARA COLETA	ÁREA FÍSICA OCUPADA M2	MÃO DE OBRA EMPREGADA DIRETA (PESSOAS)
<b>542 Pequenas menos de 1000 t</b>	14% 609 000 t/ano	2 710 unidades	200 000	13 008
<b>312 Médias acima de 1000 t</b>	35% 1 522 000 t/ano	3 432 unidades	400 000	16 224
<b>146 Grandes até 3000 t</b>	51% 2 217 000 t/ano	2 920 unidades	1 000 0000	10 074
<b>Totais</b>	4 348 000 t/ano	9 062	1 600 0000	39 306

FONTE: ANAP 2011.

Os aparistas transferem o papel coletado de maneira informal, para a situação de uma matéria-prima que tenha a devida legalização fiscal para um novo ciclo industrial. A coleta é feita por meio de frota própria com caçambas estacionárias concentradas em grandes fornecedores, usualmente subutilizadas uma vez que este material não pode ser compactado antes da classificação, (ANAP, 2011).

Os fornecedores de aparas pré-consumo vendem refiles resultantes da produção de caixas de papel ondulado *Kraft*, estas são as empresas de cartonagem, e as gráficas que fornecem refiles de papel cartão e papel branco em geral.

Os fornecedores pós-consumo são em geral; supermercados, cooperativas, sucateiros, catadores, etc, Figura 11.



FIGURA 11: MAPA DA RECICLAGEM DAS APARAS

FONTE: ANAP Modificado pelo autor

Alinhados com a PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, cada vez mais os aparistas trabalham com as cooperativas de catadores criando a base para integração sócio econômica de um grande número de pessoas com baixa capacitação. Estas processadoras de resíduos de papelsão são um segmento bem desenvolvido e organizado Figura 12.



FIGURA 12: ENFARDAMENTO DE RESÍDUOS DE PAPEL



A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, elaborou uma classificação de 25 tipos de aparas de papel (normas ABNT NBR 15.483 e 15.484), utilizadas na produção de diferentes papéis, ou usadas em receitas específicas de cada fábrica para produção diferenciada de níveis de qualidade. No ciclo normal da reciclagem, as aparas coletadas nas indústrias de caixas de papelão são vendidas para aparistas e estas às indústrias papelarias. O material é desagregado no *hidrapulper* (uma espécie de liquidificador gigante) que separa as fibras, transformando-as em uma mistura homogênea. Em seguida, por meio de peneiras, retira-se as impurezas, como fitas adesivas e metais.

O papel ondulado, ao contrário do papel de escritório não é preciso aplicar técnicas de limpeza fina, retirada de tintas, branqueamento do material e lavagens especiais. Com as fibras de melhor qualidade faz-se a capa de papel que é colocada na superfície externa da caixa de papelão. As de qualidade inferior são usadas na fabricação do forro, que reveste parte interior. E as de pior qualidade servem para produzir o miolo ondulado, por meio de uma máquina que se chama “corrugadeira”.

A incineração normalmente é feita com o material que não se encaixa em nenhuma categoria reciclável (contaminado). O papel, facilmente combustível, tem poder calorífico de 7.047 BTUs por quilo, comparado com os 4.500 BTUs do lixo urbano como um todo.

Nos aterros sanitários o papelão degrada-se muito lentamente, mas se não estiver contaminado e cortado de forma correta, é decomposto com facilidade. Misturado a outros resíduos torna-se fonte de nitrogênio aos microorganismos.

## 2.9 COMPÓSITOS

As vantagens de materiais compósitos de fibras naturais como a madeira, ossos, ramos finos de plantas têm sido exploradas durante séculos. Os Egípcios usavam materiais compósitos de fibras naturais como o papiro para fazer barcos, velas e cordas desde o ano 4000 a.C. A palha é outro exemplo usado para reforço de tijolos há mais de 2000 anos sendo ainda hoje utilizado como adobes reforçados com palha para evitar a quebra da argila, e o uso de colmos de bambu no reforço de adobe e lama em paredes no Peru e China.

Os compósitos de fibras sintéticas são originários do século XIX quando surgiu o primeiro polímero, Fenol Formaldeído. Este foi reforçado com fibra de linho para fazer bakelite muito utilizado recentemente para equipamento eléctrico, (VENTURA, 2009).

Muitos artesãos usavam a tecnologia de compósito na moldagem dos seus trabalhos, recorrendo a papéis em camadas e diferentes tamanhos para dar a forma final ao produto. Na natureza, percebemos que todos os materiais biológicos são compósitos, sem exceção. Exemplos de compósitos naturais incluem madeira, em que a matriz de lignina é reforçada com fibras celulósicas, e ossos, em que a matriz composta por minerais é reforçada com fibras colágenas.

Com o avanço tecnológico os requisitos exigidos aos materiais comuns mudaram, o que levou ao aparecimento de compósitos nas mais diversas aplicações dependendo da facilidade de acesso e aplicação das técnicas de fabricação exigidas por cada setor industrial. Cada vez mais, a fabricação de compósitos pretende atingir melhoramento dentro dos parâmetros de forma, massa, força, durabilidade, rigidez, custos, etc.

Atualmente, os mercados de materiais compósitos estão cada vez mais difundidos. Estudos recentes mostram que o maior mercado continua a ser o de transportes (31%), mas a construção civil (19,7%), marinha (12,4%), equipamento eléctrico/electrónico (9,9%), produtos de consumo (5,8%), aparelhos e equipamentos comerciais são também mercados em expansão. O mercado aeroespacial e de aeronaves representa 0,8 % o que é surpreendente tendo em conta a importância na origem dos compósitos, (VENTURA, 2009).

O setor brasileiro de compósitos faturou R\$ 2,984 bilhões em 2012, alta de 4,6% perante o ano anterior. No período, em contrapartida, o volume de matérias-primas consumidas caiu 0,6%, fechando em 206.000 toneladas. Do volume de matérias-primas consumidas no ano passado, 153.000 toneladas foram destinadas à fabricação de compósitos de resinas poliéster – em cifras, R\$ 2,271 bilhões. O restante (53.000 toneladas ou R\$ 713 milhões) ficou por conta do material à base de resina epóxi, polímero largamente empregado por fabricantes de pás eólicas.

A construção civil permaneceu em 2012 na liderança do ranking dos principais consumidores de compósitos, 48% à frente de transporte – bastante afetado pela queda significativa das vendas de caminhões e implementos rodoviários – corrosão (12%) e saneamento (5%). Já a geração de energia eólica respondeu por 90% da demanda por compósitos de base epóxi. Com 6%, o setor de petróleo apareceu em segundo lugar.

Em 2013, o faturamento previsto foi de R\$ 3,225 bilhões, ou seja, um salto de 8,1% para um consumo estimado em 211.000 toneladas (+2,4%). Esse desempenho orientou-se pelas vendas aos setores de transporte, energia eólica, agronegócio, construção e infraestrutura (PLÁSTICO, 2013).

Estes novos materiais têm conquistado grandes quotas do mercado, especialmente em produtos onde o rendimento e desempenho são fundamentais. Alguns destes produtos são muito recentes, mas a construção civil continua a ser a maior aplicação dos compósitos.

### **2.9.1 Definição de Material Compósito**

Os materiais compósitos não têm uma definição universalmente aceita. De um modo geral, um material é compósito quando é constituído por dois ou mais constituintes (fases) diferentes.

As técnicas de fabricação destes materiais tendem a substituir as ligas metálicas, cerâmicas e poliméricas que atendam às novas exigências tecnológicas. A sua fabricação implica na combinação das duas fases (matriz e reforço) para formar um material com melhor desempenho que os seus constituintes numa situação particular, dando origem a uma nova geração de materiais com melhores propriedades mecânicas. Os compósitos existem em diferentes formas, os mais usuais são os materiais constituídos por um reforço de fibra embutido numa matriz polimérica. Um exemplo comum de material compósito é o betão armado, mais resistente que o cimento, e corrói menos que o aço.

### 2.9.2 Classificação dos Compósitos

Tipicamente, os compósitos são classificados pela matriz que é a fase contínua, o material que envolve a outra fase, chamada reforço ou fase dispersa. As propriedades dos compósitos dependem de propriedades físicas e fatores inerentes às fases constituintes, como as quantidades relativas, e geometria da fase dispersa, Figura 12: a) Quanto a concentração; b) Quanto ao tamanho; c) Quanto a forma; d) Quanto a distribuição; d) Quanto a orientação.

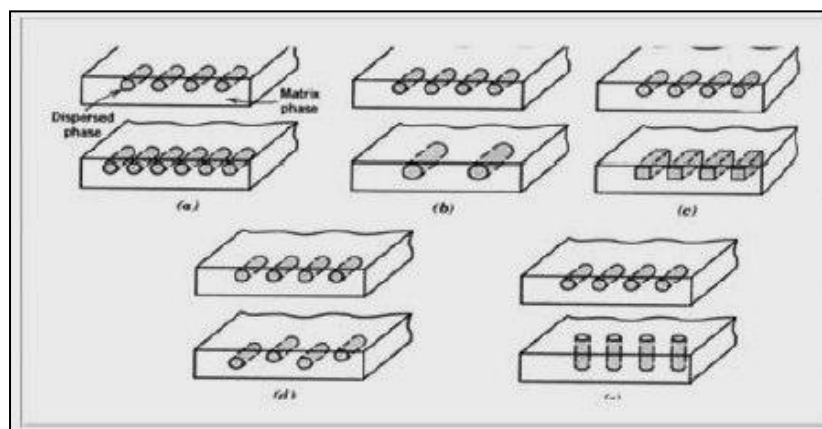


FIGURA 13: CLASSIFICAÇÃO FÍSICA DOS COMPÓSITOS  
 FONTE: VENTURA 2009

### 2.9.3 As propriedades dos compósitos

A fase matriz confere estrutura ao material compósito preenchendo os espaços vazios do reforço e mantendo-o na posição, pode ser um metal, polímero ou cerâmico. A fase dispersa ou reforço, sendo a classificação mais geral feita em três categorias: compósitos particulados, de fibras descontínuas (*whiskers*) e de fibras contínuas, Figura 14.

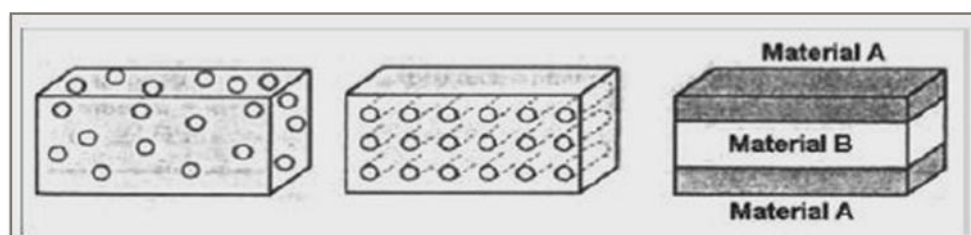


FIGURA 14: PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS  
 FONTE: VENTURA 2009

No geral, os constituintes do reforço dos compósitos proporcionam força e rigidez, mas também aumentam a resistência ao calor, corrosão e condutividade. O reforço pode realçar todas ou apenas uma destas características dependendo dos requisitos exigidos pelo novo material.

Para o reforço representar uma vantagem, deve ser mais forte e rígido que a matriz e deve ser possível a sua troca na composição final quando se notar qualquer falha como vantagem. Deste modo a boa interação entre matriz e reforço pode ser garantida pela criação de uma interface entre ambos e adequar a rigidez do reforço com a ductilidade da matriz. Para tal é essencial que a ductilidade da matriz seja mínima ou mesmo nula para que o compósito apresente um comportamento relevante .

As fibras constituem uma classe importante de reforço pois aumentam a força da matriz, e influenciam nas propriedades pretendidas das duas fases. As fibras de vidro são as mais antigas fibras usadas como reforço. As fibras cerâmicas e metais foram descobertas mais tarde e usadas para tornar os compósitos mais rígidos e resistentes ao calor, mas podem apresentar um desempenho diminuído devido a vários factores. A performance do compósito reforçado com fibras é avaliada pelo comprimento, forma, orientação, e composição das fibras bem como pelas propriedades mecânicas da matriz. O arranjo das fibras em relação umas às outras, a concentração das fibras e a sua distribuição influenciam na resistência e outras propriedades destes compósitos.

Existem duas configurações de fibras: um alinhamento paralelo ao eixo longitudinal da fibra em uma só direção e um alinhamento aleatório. As fibras contínuas estão alinhadas e as fibras descontínuas desalinhadas, orientadas aleatoriamente ou parcialmente orientadas. Entre os materiais com fibras contínuas incluem-se o carbono, o carboneto de silício, o boro, o óxido de alumínio e os metais refratários. Por outro lado, os reforços descontínuos consistem em whiskers de carboneto de silício, fibras picadas de óxido de alumínio e de carbono, e os particulados de carbonetos de silício e óxido de alumínio.

Em geral, a combinação uniforme tem as melhores propriedades dos compósitos reforçados com fibras (*FRC – Fiber Reinforced Composites*). Estes materiais têm respostas mecânicas que dependem de vários factores como o comportamento tensão-deformação das fases fibra e matriz, as frações volumétricas das fases e a direção na qual a tensão ou carga é aplicada. Embora os compósitos com fibras descontínuas e desalinhadas tenham

uma eficiência de reforço menor, tem diversas aplicações. As fibras de vidro picadas são utilizadas com maior frequência como reforços, assim como as fibras descontínuas de carbono e aramida. Já os compósitos com fibras descontínuas e aleatórias são aplicados onde as tensões são totalmente multidirecionais. A orientação e comprimento da fibra em determinado compósito dependem do nível e natureza da tensão aplicada, bem como dos custos de fabricação. A produção dos compósitos com fibras curtas, alinhadas ou com orientação aleatórias são elevadas e formas complexas podem ser moldadas, mas nem sempre quando utilizado um reforço com fibras contínuas. Além disso, os custos de fabricação são consideravelmente menores que para fibras contínuas e alinhadas. Compósitos reforçados com microestruturas ou partículas de metal e cerâmica, são conhecidos como compósitos reforçados com partículas (*PRC – Particulate Reinforced Composite*). São conhecidas várias formas de partículas entre elas quadradas, triangulares e redondas, mas as dimensões observadas de todos os lados são mais ou menos iguais. O tamanho da fase dispersa de compósitos particulados é da ordem de poucos micrômetros e a concentração em volume é superior a 28%. Normalmente, a força do compósito depende do diâmetro das partículas, do espaço inter-partículas e da fração de volume do reforço. As propriedades da matriz também influenciam o comportamento do compósito, Figura 15.

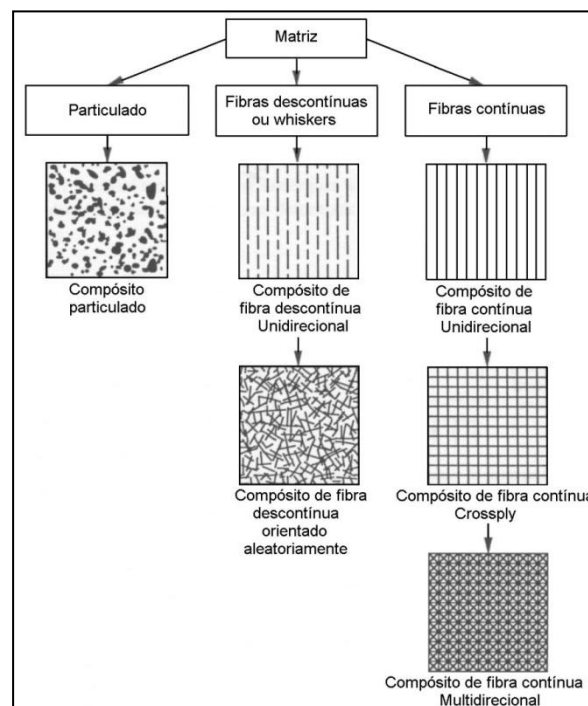


FIGURA 15: CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS  
 FONTE: Daniel e Ishai, 1994

#### 2.9.4 Os Materiais Compósitos na Indústria

A exigência de novas tecnologias, sobretudo na combinação de propriedades de variados materiais, como a resistência mecânica e tenacidade levaram ao aparecimento de novos materiais. Os compósitos são uma classe de materiais com diversas aplicações na indústria e são utilizados para melhorar a produtividade, diminuir os custos e adicionar diferentes propriedades aos materiais como: elevada rigidez e módulo específico, elevada resistência à corrosão e condutividade térmica, boa fluidez, estabilidade estrutural e fácil moldagem. Certas combinações são suscetíveis a temperaturas elevadas. O compósito pode ser danificado durante o fabrico a altas temperaturas ou durante a sua aplicação.

As matrizes metálicas apresentam algumas limitações devido ao fator temperatura. A maioria dos metais e ligas constituem boas matrizes embora existam poucas aplicações a baixas temperaturas. Apenas os metais com baixa densidade como o titânio, o alumínio e o magnésio apresentam aplicações aeroespaciais.(HERACOKVICH, 1997).

Os compósitos de matriz cerâmica (*CMC – Ceramic Matrix Composites*) tem ficado aquém de outros, devido às altas temperaturas nas etapas de fabricação, sendo necessária a utilização de reforços que as suportem. Os principais tipos de compósitos de matriz cerâmica, são: os de fibras contínuas, os de fibras descontínuas e os reforçados por partículas. Os compósitos de matriz cerâmica são resistentes à oxidação e à deterioração sob temperaturas elevadas, embora predispostos à fratura. São ideais em aplicações a altas temperaturas e condições de tensão, especialmente componentes para automóveis e turbinas de aeronaves, (CALLISTER, 2002).

O início do desenvolvimento dos compósitos de matriz metálica (*MMC – Metal Matrix Composites*) deu-se em meados da década de 60 com a produção de fibras de boro e carboneto de silício para reforçar metais leves, particularmente ligas de alumínio.

Uma propriedade conveniente em aplicações aeronáuticas, aeroespaciais e automóveis dos compósitos é sua capacidade de atenuar vibrações. semelhante à do ferro fundido. Os compósitos de matriz polimérica são o mais importante em desempenho e (*PMC – Polymer Matrix Composites*), geralmente constituídos por uma resina polimérica como fase matriz, e fibras como reforço. Um material polimérico pode ser constituído por muitas partes, unidas ou ligadas quimicamente entre si, de modo a formar um sólido. Este grupo de materiais divide-se dependendo do modo como estão ligados quimicamente e

estruturalmente: estes podem ser termoplásticos ou termofixos. A principal diferença entre estes dois plásticos é que os primeiros quando voltam a ser aquecidos podem adquirir outra forma, enquanto os segundos uma vez arrefecidos a sua forma não se altera (DENÍCULI, 1999).

Os termoplásticos apresentam a vantagem de amolecerem, em vez de fundirem durante o aquecimento, voltando a endurecer após o arrefecimento. Estes processos são reversíveis e podem ser repetidos varias vezes. Esta propriedade facilita aplicações em técnicas convencionais de compressão para moldar compostos. Os termoplásticos são relativamente moles e dúcteis, e podem ficar num determinado estado durante longos períodos de tempo, são materiais muito flexíveis.

Os termofixos tornam-se permanentemente duros quando submetidos ao calor e não amolecem com aquecimento. Geralmente são mais duros, e mais frágeis que os termoplásticos, e possuem estabilidade dimensional. Os materiais termofixos mais utilizados para a matriz de compósitos são epóxis, poliéster e resinas fenólicas de poliamida.

A principal vantagem dos compósitos de matriz polimérica é o fabrico em altas pressões e baixas temperaturas evitando problemas com a degradação do reforço. Por esta razão grupo de materiais cresceu rapidamente. As suas principais desvantagens são impossibilidade de trabalho a altas temperaturas, a instabilidade dimensional devido aos elevados coeficientes de expansão térmica, a sensibilidade à radiação e, em alguns casos, a absorção da humidade ambiente.

Os três principais tipos de fibras sintéticas usadas para reforçar materiais poliméricos são: vidro, aramida (ou poliamida aromática) e carbono. As fibras de vidro são o reforço mais usado e o mais barato. As fibras de aramida e de carbono apresentam resistência mecânica elevada, densidade baixa e apesar do preço mais elevado, são utilizadas, especialmente na indústria aeroespacial. As fibras de aramida começaram a ser comercializadas em 1972 pela Du Pont® com o nome comercial de Kevlar® e até hoje existem dois tipos: Kevlar 29®, para proteção balística, cordas e cabos e o Kevlar 49® usada como reforço de matrizes poliméricas de compósitos com aplicações nas indústrias aeroespaciais, marítima, automóvel



## 2.10 COMPÓSITOS DE MADEIRA

O processo de moldagem da madeira por compressão tem sido utilizado de várias formas, com o objetivo de reduzir o uso e consumo de componentes metálicos e plásticos dos produtos e podem ser realizados com adesivos termoplásticos ou termofixos. Atualmente os mais usados são os polímeros termofixos (RAZERA, 2006). Em comparação com componentes metálicos e plásticos as principais vantagens de produtos de madeira moldados são: Ciclo de prensagem curto, grande volume de produção, superfície (boa qualidade). Desvantagens: Alto capital inicial de investimento, trabalho intensivo, necessidade de operações secundárias.

Os componentes básicos para a fabricação de produtos moldados de madeira são partículas de madeira e resina. Seu processo de produção é similar ao empregado para fabricação do aglomerado. Na moldagem são utilizados moldes produzidos à partir de alumínio, metal leve e que funde a temperatura relativamente baixa em relação a outros metais 700°, o alumínio também pode ser usinado com ferramentas simples dependendo da forma, o que permite um acabamento razoável para testes com poucas peças desmoldadas, Figura 16

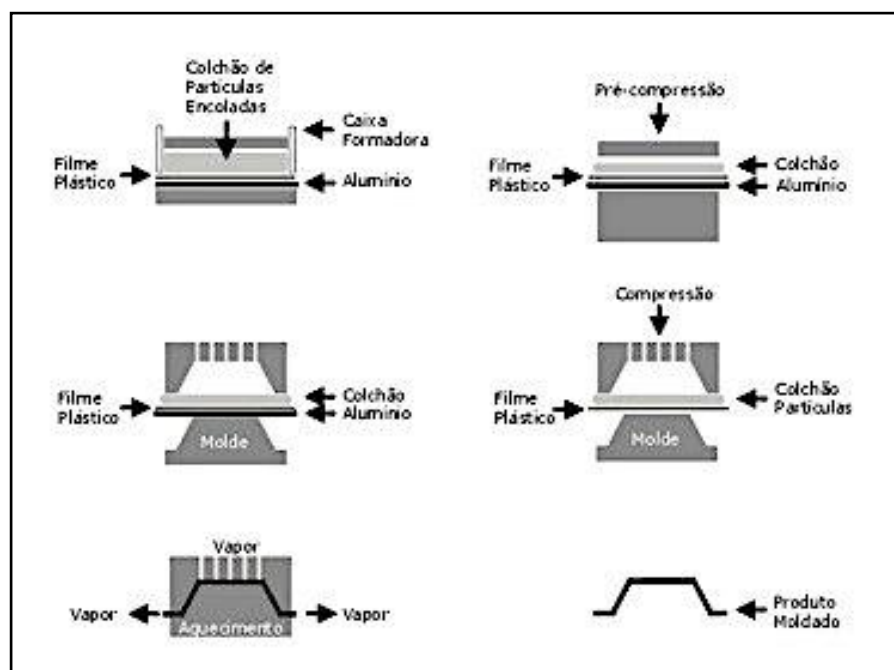


FIGURA 16: ESQUEMA DE PROCESSO DE PRENSAGEM COM MOLDE DE ALUMINIO

FONTE: RAZERA, 2006.

As propriedades mecânicas compreendem a totalidade das propriedades que determinam a resposta dos materiais às influências mecânicas externas; são manifestadas pela capacidade destes materiais desenvolverem deformações reversíveis e irreversíveis, e resistirem à fratura. Um dos objetivos de ensaios mecânicos é orientar o desenvolvimento de materiais e de estruturas, outra razão é permitir a especificação e a avaliação da qualidade do material em uma aplicação específica (RAZERA, 2006). O material compósito proposto com aparas de papelão, seguindo o conceito de materiais utilizados como preenchimento em embalagens, mostra a relevância na análise de conceitos de resistência a deformações decorrentes do transporte, manuseio e armazenagem de embalagens de transporte.

#### **2.10.1 Compressão a Quente e a Frio**

A utilização de moldes para conformar o compósito decorrente das aparas de papelão, associa-se naturalmente a processos conhecidos de compressão. Foi proposto como referencial o processo de fabricação de produtos reconstituídos à base de fibras e partículas de madeira, pela similaridade de características entre as fibras de papel e madeira. Na compressão a quente, o material é comprimido sob temperatura e pressão para cura em menor tempo do adesivo, a compressão a frio tem o mesmo efeito com aumento do tempo da cura proporcionalmente a quantidade de uso de adesivo. A pressão tem a função de compactar o material até a espessura final do produto (YOUNGQUIST, 1993)(Razera, 2006). No processo utilizado com as aparas de papelão a função da liga foi substituída pelo adesivo de amido de mandioca, e sofreu alterações nas suas características quando submetido a diferentes temperaturas e pressão. Essas características apresentaram o principal foco de análise no manuseio das aparas.

As aparas de papelão não resistem as altas temperaturas, podendo afetar negativamente caso esta não esteja devidamente calibrada, temperaturas muito altas podem deformar além do desejado os espaços vazios entre as aparas. Aditivos como a soda cáustica ou o bórax são muito úteis para aumentar ou diminuir essas temperaturas de moldagem, além de evidenciar outras características, por isso devem fazer parte das variáveis estudadas em um estudo mais aprofundado.

### 2.10.2 Análise de testes

Alguns dos testes específicos empregados em ensaios de embalagens de papel e papelão são utilizados para ajudar a montar um protocolo dirigido ao produto proposto após a execução dos modelos feitos nos experimentos. Os ensaios disponíveis para avaliação da qualidade de embalagens de papel, cartão e papelão ondulado, de acordo com as Normas Brasileiras, são:

- Gramatura – É o ensaio mais comum devido a sua simplicidade e eficiência é realizado para determinar a massa por área de papel ou papelão ondulado.
- Espessura – A determinação da espessura associada à gramatura para se obter a densidade do papel, outra aplicação importante é a determinação do tipo de onda e as condições do cilindro corrugador da ondulateira na produção de papelão ondulado.
- Umidade – Ensaio realizado para determinar o percentual de água contida em uma amostra de papel ou papelão ondulado.
- Teste de Cobb – Ensaio para determinar a absorção de água em papéis.
- Porosidade – Ensaio realizado para determinar o tempo necessário para que certa quantidade de ar sob pressão atravessasse o corpo de prova.
- Atrito – Determina os coeficientes de atrito estático e dinâmico de materiais celulósicos
- Arrebentamento – Determinar a resistência ao arrebentamento de papéis.
- Resistência à tração – Determina a resistência à tração do papel a percentagem de alongamento.
- Compressão de Caixa – Determina a carga de colapso da caixa e a relação ao empilhamento.
- Compressão de Coluna – Ensaio em um corpo de prova para determinar o comportamento da caixa de papelão ondulado durante o empilhamento.
- Concora – Ensaio realizado para determinar a resistência do papel miolo.
- Dimensões – Ensaio realizado para determinar as dimensões internas da caixa.
- Esmagamento – Ensaio realizado para determinar a qualidade do papel miolo e as condições do cilindro corrugador da ondulateira.
- *Ring Crush* – Ensaio realizado para determinar a resistência de cada componente do papelão ondulado (capa e miolo).

Através dos resultados de testes de laboratórios das principais características físicas que os objetos criados com materiais compósitos devem apresentar, pode-se melhorar o entendimento destas no projeto do produto, assim como, fazer os ajustes necessários para alcançar as melhores características.

A experimentação exploratória é normalmente considerado para compreender em antecipação o comportamento dos materiais em situação real e o comportamento dos moldes além de testar parâmetros que possam ser usados na definição do experimento principal como: Densidade do colchão de partículas; Tamanho mais adequado das partículas de madeira para moldagem; Tipo de adesivo; Proporção do adesivo; Temperatura de prensagem; Tempo de cura da moldagem.

### 2.10.3 O Adesivo

O adesivo é um elemento fundamental e necessário para a constituição da estrutura do papelão ondulado. Permite a estabilidade na composição de todo o conjunto estrutural do papelão. O estudo considera uma das variáveis que podem definir o processo, por ter grande sensibilidade a compressão e ao calor aplicados em moldagens, assim como na composição do produto final em relação as suas capacidades físicas e o seu comportamento dentro da estrutura de formação do papelão ondulado como base do estudo e comparação dos testes planejados.

O adesivo vegetal, também conhecido como cola à base de amido, é feita a partir de amido obtido do milho, arroz, batata ou mandioca. O adesivo vegetal pode ser aplicado aos materiais porosos (madeira, papéis, etc.), quando uma ligação a quente ou a frio é formada, e a cola perde a sua umidade. O processo de cura pode ser lento, muitas vezes levando pelo menos 24 horas. Uma vez curada, a ligação pode ser enfraquecida pelo elevado teor de umidade no ar.

Em geral, os amidos são hidratos de carbono ou polímeros de glicose. Os amidos são compostos por dois polímeros: Amilose eixo molecular base, dando a propriedade que define o adesivo e a quantidade de cada um destes depende da fonte e do procedimento de recolha; Amilopectina, polímero que faz braços ou "ramos" da molécula central da amilose. Influencia a "longa" do adesivo. Cada polímero dá propriedades específicas ao adesivo, (Milho: amilose 27% - 73% Amilopectina, Mandioca: 17% de amilose - Amilopectina 83%).

Adesivos sintéticos, também conhecidos como resinas, são feitos por polímeros que se assemelham às resinas naturais, mas são criados para atender as necessidades específicas da madeira. Esses produtos têm resistência superior à umidade e criam forte aderência. Colas sintéticas podem ser inseridas em duas categorias: termoendurecíveis e termoplásticas.

Adesivos termoplásticos incluem ureia-formaldeído, fenol, resorcinol, melamina e epóxi. A ureia é o adesivo de madeira mais popular, uma vez que fornece resistência à umidade e pode curar em minutos a altas temperaturas. As colas de fenol e resorcinol são caras, mas versáteis, e fornecem aderências extremamente duráveis. A cola de melamina é raramente usada sozinha, pois deve ser combinada com uréia para aumentar a resistência à umidade. O epóxi é o adesivo de madeira mais caro, e normalmente é impraticável para projetos de carpintaria de grande escala.

O polímero conhecido como PVA é um polímero de adição, pois se dá pela “soma” sucessiva de vários monômeros do acetato de vinila; daí o seu nome: poliacetato de vinila.

Esse polímero se apresenta transparente e incolor, é insolúvel em água, só se dispersa em meio aquoso se tiver um agente emulsificante e é predominantemente amorfo. Entretanto, sua maior propriedade é a alta adesividade, por isso o PVA é muito aplicado na fabricação de tintas de parede do tipo látex, em colas comuns, adesivos para papel e em gomas de mascar.

Atualmente se empregam adesivos a base de água quase exclusivamente com base de amido, substituindo as fórmulas com base de silicato de soda cáustica.

O amido é o elemento ativo na aderência do adesivo. Aparece na forma de grânulos dispersos na água: leite de amido - ou amido cru - instável antes de ser agitado (precipitado).

Na presença de água e aumento de temperatura, os grânulos incham e arrebentam, o fenômeno da gelatinização. De um estado de dispersão, o amido passa a um estado de dissolução viscosa dotada de propriedades adesivas. O incremento da viscosidade (temperaturas de gelatinização), se deve a diminuição da mobilidade dos glânulos devido ao inchamento e arrebentação. A soda cáustica reduz a temperatura de inchamento e arrebentação dos glânulos de amido. Para evitar a precipitação dos grânulos na água, é necessário colocá-los em suspensão em um líquido de transporte, feito a base de amido cozido a 80°C, chamado “portador” (*carrier*), ou amido primário. O amido cru absorve a água para início da aderência. Ao gelatinizar forma parte do adesivo. O “portador” ou *carrier* serve de suporte para o amido cru, confere a viscosidade da adesão, retendo a água para o

amido cru (absorve 20 vezes seu peso em água). O portador também controla a absorção de água do ambiente e proporciona a aderência.

Na preparação do adesivo de amido se incorporam vários aditivos: Soda cáustica, cuja função consiste em diminuir a temperatura da gelatinização e assim, permitir um encolamento mais rápido; O Bórax, que reduz a viscosidade do adesivo, facilitando a distribuição. Além de determinar a textura da cola e fluidez; O Fungicida, para prevenir o desenvolvimento de bactérias.

O processo de encolamento é composto primeiro pelo depósito ou aplicação do adesivo sobre as vértices dos canais. Então a formação da união com o adesivo, acontece uma absorção parcial ao contato com os papéis e por fim a gelatinização do amido através do calor e prensagem, podendo criar uma união frágil se a junta do papel estiver úmida ou uma união mais firme e definitiva em consequência da eliminação da água na prensagem.

A formulação do adesivo não é universal; deve ser adaptada aos diferentes tipos de utilização e exigências de fabricação do papel (maquinário, velocidade de produção, etc).

## 2.11 CONCEITOS DE PRODUTOS SIMILARES

Na busca de um novo conceito de produto, foi feita a análise do mercado de produtos usados para preenchimento e calço em embalagens de transporte com diferentes características e semelhantes usos, mas que não competem entre si, pois foram desenvolvidos de acordo com necessidades diferentes de transporte. Este é um mercado, que procura a melhor relação custo benefício do produto a ser protegido, ver Tabela 3 :

TABELA 3: TABELA COMPARATIVA CONCEITOS DE PRODUTOS SIMILARES

PRODUTO MATERIAL	IMAGEM	USO	DESVANTAGENS	VANTAGENS
<b>Calço Plano Linear Orientado (Polpa de Papel)</b>		Calço e preenchimento em embalagens	Fornecimento de terceiros	Reciclável, fácil armazenagem, leve, limpo, flexível
<b>Berço de Polpa de papel moldada</b>		Calço para produtos específicos	Precisa de molde para cada produto.fornecimento de terceiros	Reciclável, fácil armazenagem, leve, limpo, flexível,
<b>Papelão CFG (Cussion Folder Gluer)</b>		Calços para produtos leves ou pesados, e transporte internacional	Maquinário, sofisticado, e volume para viabilidade	Reciclável, leve, resistente para objetos pesados Mesmo fornecedor das embalagens de transporte
<b>Plástico Bolha (Filme de Polyethileno)</b>		Primeira proteção individual de objetos frágeis embalagens de transporte	Reciclabilidade complexa, fornecimento de terceiros	Limpo, leve, transparente, versátil
<b>Sistema de preenchimento (Papel Kraft)</b>		Preenchimento de embalagens de transporte, e embalagens	Equipamento específico, dependencia de material	Leve,limpo, barato, volume preenchimento customizado rápido
<b>Plástico expandido (Polystireno EPS)</b>		Embalagens, berços, produtos sensíveis a impacto	Reciclabilidade complexa, precisa de moldes para cada produto, fornecimento de terceiros	Leve, isolamento térmico e contra choques

Fonte: Autor

- A polpa moldada é feita do reaproveitamento de aparas de papel e papelão, possui produção seriada com grandes volumes, usada para calços industriais e preenchimentos lineares para produtos variados: móveis, eletro-eletrônica, brinquedos, porcelana, vidros, embalagens e outras aplicações onde é necessária a proteção e distribuição do produto a ser embalado. As peças geralmente são customizadas, com possibilidades de projetos especiais, fácil armazenamento por sobreposição. Dependem de diferentes fornecedores das embalagens de transporte, o processo utiliza água e precisa de filtros para limpeza dos resíduos.

- CFG (*Cission Folder Gluer*), é uma tecnologia de corte dobra em formato sanfona colado de chapas de papelão ondulado para produzir calços onde há limitação de uso de materiais plásticos e madeira. É versátil, porém precisa de projeto de planificação e maquinário especial para grandes tiragens (SANTOS, 2006). Pode ser fabricado pelo mesmo produtor das embalagens de transporte, diminuindo o fornecimento de acessórios.

- Plástico Bolha, fabricado com filme duplo de polietileno com pequenas áreas com ar selado em seu interior, possibilita uma variedade infinita de produtos serem embalados, geralmente manualmente. Material leve, pode ser reutilizado muitas vezes com o mesmo propósito, pode ser reciclado, derretido, pois é termoplástico, onde se obtém sacos de lixo, canos para irrigação, garrafas de óleo, etc. É armazenado em rolos e depende de terceiros para compor a embalagem de transporte, existem também sistemas para fabricação em loco com diferentes tamanhos de bolhas.

- Sistema de Preenchimento com papel *Kraft*, considerado um sistema porque o fabricante disponibiliza diferentes máquinas que produzem diferentes dimensões de tubos achatados de papel *kraft*. O material é então enrugado antes de sair da máquina criando um volume que protege e preenche contra impactos de média intensidade, vários tipos de produto. O sistema customiza a quantidade produzida e preenche qualquer tipo de espaço.

- Poliestireno expandido ou Isopor (EPS), um dos primeiros materiais utilizados industrialmente para proteger e preencher embalagens de produtos sensíveis ao choque. Por causa de suas propriedades de isolamento térmico continua sendo muito utilizado para transporte de alimentos. Algumas desvantagens são: pré moldagem para uso, o preço, a reciclagem complexa, principalmente pela dificuldade da logística reversa de material muito leve que tem grande volume para armazenagem. Também depende de terceiros para compor a embalagem de transporte.



## 2.12 MALHAS CONSTRUTIVAS (MOSAICOS)

Uma maneira para subdividir de maneira homogênea um plano geometricamente, é utilizando uma malha construtiva. O trabalho com as aparas pretende uni-las de forma ordenada e consistente para que se produza um padrão fácil de ser manuseado. A escolha de uma malha ou mosaico de união apropriada para os tamanhos das aparas e, a consistência do material define o design final e o método de fabricação do molde.

As malhas ou mosaicos são divisões regulares do plano chamado malha ou do inglês *tesselation*, são arranjos com formas fechadas que cobrem completamente um plano sem sobre posição e sem deixar vazios. Normalmente as formas que produzem o desenho da malha, são polígonos ou formas similares, como os azulejos quadrados usados em pisos e paredes. M.C.Escher (1898 – 1972), artista gráfico holandês era fascinado por todo tipo de forma de malhas - regulares e irregulares - especialmente as chamadas metamórficas, onde as formas mudam e interagem entre si, e algumas vezes saem para fora do próprio plano.

Escher, quando esteve na Espanha em 1936, observou os padrões dos azulejos utilizados na Alhambra e, mais tarde, em 1957 escreveu um ensaio sobre malhas, comentando que a divisão regular do plano geométrico era considerada teoricamente, exclusivamente uma questão da matemática. Os matemáticos, mostraram que de todos os polígonos regulares, apenas o triângulo, quadrado, e o hexágono podiam ser usados para montar uma malha (Figura 17).

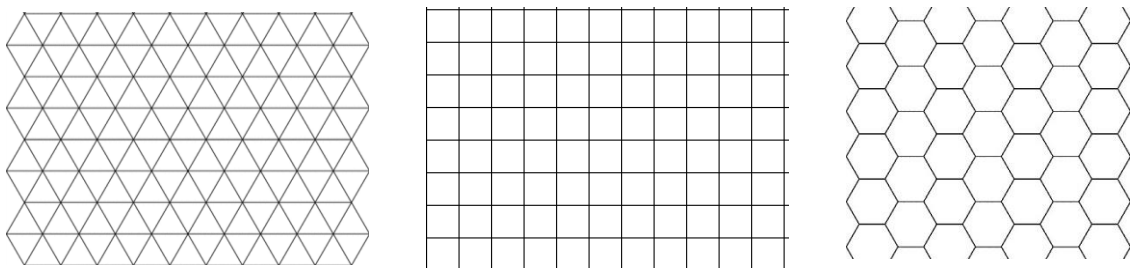


FIGURA 17: MALHAS COM POLÍGONOS REGULARES  
FONTE: Autor

Escher explorou estes padrões básicos em suas malhas, aplicando o que especialistas em geometria chamam de reflexões, translações e rotações para obter uma grande variedade de padrões gráficos. Escher também elaborou padrões distorcendo as formas básicas para transforma-las em animais, pássaros e outras figuras. Essas distorções tinham que encaixar-se três, quatro ou até seis vezes para montar a simetria da malha padrão escolhida (M.C.Escher,2013)

Para produzir malhas com outros polígonos regulares é necessário usar mais de um tipo de forma associada para dividir o plano geométrico (Figura 18).

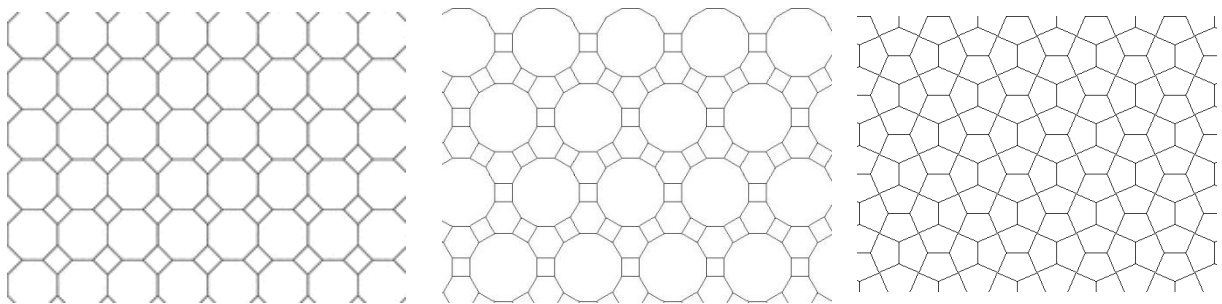


FIGURA 18: MALHAS COM POLÍGONOS IRREGULARES  
FONTE: Autor

### 2.13 O DESIGNER E A INOVAÇÃO

Segundo a lei da inovação de 2004 estabelecida no Brasil para incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica, inovação é a introdução de novidade, ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços.

As empresas cobram inovação, mas nem sempre conseguem criar uma cultura de inovação, essa é uma das fragilidades encontradas em empresas, sejam elas grandes, médias, ou mesmo pequenas em países em desenvolvimento e desenvolvidos. Existe um ciclo contínuo de inovação dentro de cada empresa, em menor ou maior grau, que determina a sobrevivência dos próprios negócios. A antecipação da curva de declínio no ciclo de vida de um produto, depende de investimento, pesquisa e certo grau de liberdade na observação de problemas para incentivar a inovação. Os ganhos de um produto de sucesso não podem interromper a procura de aperfeiçoamento de soluções existentes ou criação de novas.

O ato de inovar se assemelha muito ao ato de plantar. Nesse sentido, inovações seriam os frutos de um processo – de um processo de criação, de design. (...) Parece óbvio, mas muitas empresas enfrentam problemas porque simplesmente ficam iludidas com uma safra passada, e esquecem de plantar a próxima. Ficam saboreando o sucesso de uma inovação e não plantam com a mesma atenção (BEZERRA, 2011).

Neto (1981), afirma que o designer deve adotar o uso de tecnologias tradicionais além das denominadas tecnologias de ponta. O profissional de Design tem limitada a sua atuação para projetos menos inovadores, desenvolvendo redesenho de produtos existentes, aumentando uma linha de produtos existentes ou aperfeiçoando um produto para estar próximo ao concorrente, como enunciado por Baxter (1998). A criatividade do designer representa a geração de novas idéias e a inovação se utiliza da aplicação prática dessas idéias para criar artefatos, novas redes de serviços e novas organizações

Pesquisa conduzida por IDEO (Kelley, 2002), revela que o designer atua como um negociador para aquisição de novas tecnologias em uma empresa. O designer depende da sua própria *networking* e memória de trabalhos anteriores no processo de distribuição e cruzamento de conhecimentos tecnológicos para o desenvolvimento de novos produtos.

Segundo Rodrigues (2005), no olhar antropológico do designer, existe a a consciência de um olhar diferenciado, mais apurado quando projeta um produto ou serviço. O trabalho de design transcende a particularidade dos indivíduos e dos grupos sociais restritos, para inserí-los em um projeto que os transcende além disso é uma atividade de mão dupla: ao buscar sua matéria prima na sociedade, devolve a ela um produto, transformando o senso comum em uma expressão de linguagem mais elaborada. Desta forma, o design abre novos caminhos na densidade cultural apontando rumos futuros, desencadeando relações, modelando pensamentos, dialogando com a sociedade, construindo valores, símbolos, e novos significados. O Designer promove a interferência no consumo e, por isso mesmo, requer do designer responsabilidade social. Ser designer “é gerar soluções a partir de variáveis concretas.”

### 3. METODOLOGIA

O conhecimento e avaliação das quantidades de resíduos que a indústria de embalagens de papelão produz é indispensável para viabilizar o fluxo de produção de um novo produto. O recorte proposto para este trabalho foi realizado na empresa Embrart - Embalagens Inteligentes, como meio de entender a dinâmica do processo de fabricação das embalagens. Optou-se pela utilização de avaliações, por meio de: formulário de visitas, entrevistas, tabelas comparativas e pesquisa sobre materiais similares com fibras de papel. A criação de modelos de testes para análise foi realizada no laboratório de compósitos do Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná.

A primeira fase do trabalho focou no método de pesquisa e seguiu seis etapas orientadas pelas respostas às questões mais importantes para direcionar a fase seguinte. As questões foram formuladas em cima dos objetivos propostos, e avaliadas de acordo com as respostas. A segunda fase do trabalho concentrou-se nas melhores alternativas do material das aparas e no design do produto final, Figura 19.

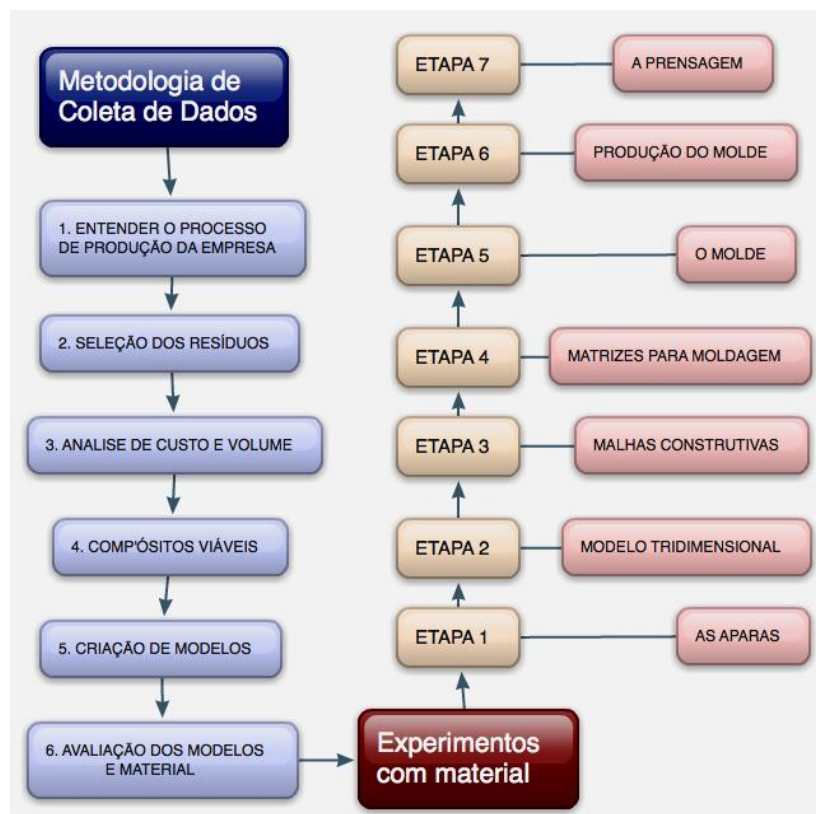


FIGURA 19: MAPA CONCEITUAL DAS FASES METODOLÓGICAS

FONTE: Autor

### 3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

TABELA 4: MÉTODOS DE PESQUISA

ETAPAS	QUESTÕES	OBJETIVOS À ATINGIR	FERRAMENTAS	RESULTADOS
<b>1</b> ENTENDER O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA	<i>Qual o mercado que a empresa atua?</i>	- Selecionar dentro dos processos de produção um produto que seja viável como modelo de teste.	- Método de detecção de problemas internos e externos SWOT. - Entrevistas, questionários - Visitas para observação	
<b>2</b> ANALISAR OS PRODUTOS E SELECIONAR OS RESÍDUOS	<i>Quais as quantidades? Quais os tamanhos? Quais os materiais?</i>	- Os resíduos devem apresentar as melhores características para utilizar em um compósito.	- Medição física dos resíduos - Entrevistas com pessoal interno	
<b>3</b> ANALISAR O CUSTO E OS VOLUMES DOS RESÍDUOS	<i>Quais os volumes? Existe envolvimento de terceiros? A empresa consegue manusear estes resíduos?</i>	- O volume e a produção do resíduo escolhido devem ser constantes para manter a produção de um novo produto.	- Entrevistas qualitativas para coleta de dados sobre produção - Tabela comparativa de produção - Método de seleção de propostas	
<b>4</b> PROPOR COMPÓSITOS VIÁVEIS	<i>Os compósitos são recicláveis? Qual é o ciclo de vida do material? Qual o adesivo?</i>	- O compósito deve ser reciclável como o PO - O ciclo de vida não deve envolver processos complexos para a empresa.	- Método de estudo de caso - Revisão de literatura	
<b>5</b> CRIAÇÃO DE MODELOS PARA TESTES E SIMULAÇÕES	<i>É possível usar o processo de moldagem para ter um produto viável?</i>	- Definir formas do produto com o material - Simular comportamento ideal e indesejado para o produto	- Construção de modelos tridimensionais em outros materiais e moldagem simulada - Comparativo fotográfico de várias situações e comportamentos do produto	
<b>6</b> AVALIAÇÃO DOS MODELOS	<i>Os modelos são flexíveis? A relação entre peso e densidade é satisfatória? O tamanho das aparas é satisfatório?</i>	- Flexibilidade e resistência ao impacto - Leveza relativa ao tamanho - Apelo estético como produto - Apresenta modularidade aceitável para a função?	- Análise visual do produto - Pesagem comparativa - Uso simulado em embalagem de transporte padrão. - Testes padrão para embalagens	

FONTE: Autor

#### 3.1.1 Entender o processo de produção da empresa

A coleta de dados foi baseada nos questionários aplicados, com perguntas diretas sobre as embalagens padrão e seu processo de fabricação. O protocolo de perguntas foi criado após as primeiras visitas exploratórias:

1. Quais máquinas produzem quantidades significativas de resíduos padronizados?
2. Quais modelos de caixas possuem os maiores volumes de produção de resíduos em aparas?
3. Quantas chapas de papelão ondulado a Embrart consome mensalmente?

4. Como esses resíduos são coletados? Manualmente? Automaticamente? Quais máquinas possuem esses tipos de coleta ?
5. Esses resíduos são separados de acordo com algum critério?
6. Estes resíduos tem algum tipo de reaproveitamento dentro da própria empresa?
7. Qual o tipo de reaproveitamento?
8. Caso haja terceiros envolvidos no processo de reaproveitamento, como estes atuam? Existe algum custo para alguma das partes?
9. Quais os volumes mensais de aparas estimados por cada modelo de caixa mais consumido?
10. Qual é a porcentagem da produção total que cada modelo de caixa representa?
11. Qual o tamanho padrão da chapa de papelão ondulado utilizado na empresa?
12. Quantas caixas planificadas, por modelo padrão, cabem em cada chapa de PO?
13. A Embrart possui algum estoque regulador de algum dos modelos:

### **3.1.2** Análise dos produtos da empresa e seleção das aparas

A tabulação proposta para a análise dos dados dos produtos da empresa coletados pelas entrevistas foi o método SWOT - *Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats*, creditado a Albert Humphrey, 1960, onde se procura reconhecer as forças que tornam a empresa competitiva, as fraquezas que podem afetar a sua performance, as oportunidades disponíveis para serem exploradas e por último as ameaças que podem comprometer sua eficiência. O método foi aplicado em cada linha de embalagens regulares da empresa (caixa normal, caixa corte e vinco, caixa aba traspassada, etc). As embalagens customizadas sob encomenda, não foram incluídas no trabalho, por não ter um fluxo contínuo de resíduos resultantes de sua fabricação, além de produzir aparas com muita variação de tamanhos.

Para melhor visualizar os dados resultantes, foi proposto uma tabela de análise para os modelos de embalagens produzidas, segundo a Embrart com maior volume de aparas, Tabela 5.

TABELA 5: MODELO ANALISE PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA LINHA DE EMBALAGENS

MODELO DE CAIXA	NORMAL	CORTE E VINCO	TRANS PASSADAS	NOTA
PRODUÇÃO				
% DE RESÍDUOS POR CAIXA				
PROCESSO DE PRODUÇÃO				
COLETA DE APARAS				
TAMANHOS DAS APARAS				
VANTAGENS				
DESVANTAGENS				

FONTE: Autor

As vantagens e desvantagens foram levantadas junto aos envolvidos no processo dentro da empresa. Os dados ajudaram no entendimento do contexto dos processos e conhecimento do maquinário para a fabricação das caixas e o quanto cada item interfere na relação das quantidades e qualidades das aparas. Cada embalagem foi comparada com os outros modelos de caixas e avaliada com notas de 1 a 5. Sendo que a nota 5 determina as avaliações com maior peso em relação as vantagens ou desvantagens na produção, porcentagem de resíduos por caixa, tipo de coleta e tamanhos. A nota 1 o menor peso em relação as vantagens e desvantagens e a nota zero representa avaliação neutra em relação as aparas.

### 3.1.3 Análise dos volumes e custo das aparas

Os volumes e custos relacionados ao processo de produção de cada embalagem determina as quantidades e qualidade destes resíduos e possibilitam a descoberta de oportunidades no emprego de novos produtos. A Embrart produz 15000 embalagens cortadas e planificadas por hora, que podem conter impressão em cores. Os modelos

produzidos são divididos em: a) Normal - com fechamento posterior por cola ou fita adesiva das abas - modelo com dimensões e tiragens maiores por causa do custo baixo e aproveitamento maior das chapas de PO, tamanhos de aparas mais regulares. A espessura das chapas é de 0,5 a 0,7 mm onda simples por comprimentos variados; b) Corte e vinco - planificação do corpo e tampa em uma só peça - normalmente as perdas por chapa de PO maiores e com aparas em tamanhos variados; c) Abas transpassadas - estruturada para suportar pesos maiores e fechamentos com adesivos ou grampos - as aparas tem tamanhos relativos a espessura das chapas de 0,5 a 0,7 mm onda simples por comprimento variados; d) Especiais - Utilizando a tecnologia CFG - *Cushion Folder Gluer*. Neste caso depende de projeto customizado. As quantidades podem variar de acordo com a necessidade do cliente, variando também o volume de seus resíduos e frequência.

#### **3.1.4 A viabilidade das aparas como compósitos**

A identificação do ciclo de vida das caixas produzidas pela empresa foi feita segundo Manzini e Vezzoli (2005), que caracterizou o conjunto de processos referentes aos produtos: o surgimento, vida e morte do produto e, identificação da fase onde há a interferência correta do uso dos resíduos resultantes.

Quanto ao uso - O fator uso analisou características especiais das embalagens que alteram a qualidade dos resíduos como cêras, plastificações, ou vernizes antiumidade que podem inutilizar ou dificultar o posterior encolamento das aparas.

Quanto ao Descarte - O ciclo normal da reciclagem das aparas produzidas é a venda para aparistas que fazem a seleção e classificação destes resíduos antes de venderem às indústrias papeleras. Os aparistas também coletam resíduos vindos da pós-produção; vindos de cooperativas de catadores, supermercados, lojas, bancos, etc.

A proposta de compósitos viáveis para produção dentro da empresa: a união das aparas, consideradas o reforço e volume, feita por meio da ligação de adesivo à base de amido de mandioca que mantém as mesmas características recicláveis do PO e pode ser inserido no mesmo ciclo de vida como produto.

Quanto a pré-produção das caixas a matéria-prima utilizada são chapas de papelão ondulado compostas de: a) Miolo, papel ondulado (corrugado), utilizado no miolo da chapa de papelão, produzidos com papel reciclável com 120 a 150g/m<sup>2</sup>; b) Capa de 1ª (kraftliner),



papel fabricado com grande participação de fibras virgens, atendendo às especificações de resistência para constituir a capa ou forro das caixas de papelão ondulado, geralmente com 120g/m<sup>2</sup>; c) Capa de 2ª (testliner), papel semelhante ao Capa de 1ª, porém com propriedades inferiores, com utilização de matérias-primas recicladas em alta proporção, usado no interior das caixas; d) White top liner - Papel branco fabricado com grande participação de fibras virgens, atendendo as especificações de resistência requeridas para constituir parte externa das caixas de papelão ondulado. Quanto a fase de produção, foram monitoradas as quantidades de produção de cada modelo de caixa produzido, seus volumes, qualidade das aparas e seus tamanhos.

### **3.1.5 Criação de modelos para simulações**

Foram criados por meio de simulações, primeiro com aparas de papel e depois com as aparas de PO, com a intenção de visualizar e estudar o conceito do produto: análise das características formais, estéticas, etc. Essas simulações são feitas para ter-se a visualização do modelo do produto em escala e ao mesmo tempo tridimensional. Manuseá-lo e também antecipar possíveis características indesejadas em seu projeto, processo de fabricação, material empregado, etc. Com essas avaliações torna-se mais fácil seguir para as etapas finais e conclusivas da execução do molde e executar testes mais próximos dos ideais para a utilização do material das aparas como produto.

### **3.1.6 Avaliação dos modelos**

A avaliação dos modelos e das simulações feitas para se aproximar do projeto desejado acontece nesta fase onde são criados os subsídios para a execução do molde definitivo em alumínio. Os resultados são analisados visualmente, por meio de comparações entre os modelos utilizados nos ensaios, pesagens para análise da relação peso espessura e a densidade relativa e testes sobre a integridade física do produto com aparas de papelão.

### 3.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE EXPERIMENTOS COM MATERIAL

Por meio do levantamento realizado durante a coleta de dados, a metodologia adotada neste trabalho foi baseada, por suas similaridades, no trabalho desenvolvido por Razera, 2006, sobre o processo de produção de produtos moldados de madeira, porém com alguns ajustes e adequações específicas ao material utilizando; como elemento de preenchimento as aparas de papelão e o adesivo PVA à base de água em substituição ao polímero de ligação utilizado na fabricação do PO, ( amido de mandioca).

A metodologia segue as seguintes etapas:

#### 3.2.1 Etapa 1 - As Aparas

Experimento com aparas de papel.

Os testes preliminares foram feitos simulando-se os tamanhos de aparas de papelão encontradas no fabrico das caixas pela Embrart com aparas de papel branco com 1cm x 20cm produzidas em fragmentadora de papel para manter tamanhos homogêneos. Na seqüência foi aspergida manualmente adesivo a base de PVA, diluída em água 50%, para simular a diluição do adesivo na aplicação proposta. As aparas foram dispostas de forma aleatória em uma caixa para aglutinar e formar um colchão. Então foram depositadas no divisor interno de gavetas como molde, até a cola curar completamente, Figuras 20 e 21.



FIGURA 20: APARAS DE PAPEL



FIGURA 21: ENCOLAMENTO MANUAL

Este ensaio buscou alguns parâmetros de moldagem, mas sem relação direta com a densidade, foi verificado como se comportam as áreas com maior e menor compressão. Foram utilizados dois moldes iguais de PVC feitos em *vacum forming* para divisão interna de gavetas funcionando como forma e contra-forma do molde, Figura 20 e Figura 21.

Vale ressaltar que a compressão não foi maior que  $5\text{kg/cm}^2$ , o papel sulfite branco foi utilizado como substituto das aparas de papelão ondulado no experimento para análise formal. Outra variável não testada neste experimento foi a temperatura (foi prensado a frio).



FIGURA 22: APARAS DE PAPEL NO MOLDE



FIGURA 23: APARAS APÓS COMPRESSÃO

#### Experimento com aparas de papelão

A configuração e tamanhos dos refiles produzidos relacionam-se diretamente com a planificação das caixas. Antes do experimento com aparas de papelão, essas aparas foram coletadas para o estudo de prensagem com o adesivo para verificar sua textura, flexibilidade e aceitação à compressão no molde de alumínio.

Com o auxílio da tabela SWOT, buscou-se analisar a relação entre as vantagens e desvantagens entre as aparas de cada modelo de caixa produzidos pela empresa Embrart e encontrar a melhor relação entre o volume e a qualidade produzidas, Tabela 6.

TABELA 6: MODELO DE TABELA SWOT

MODELO DE CAIXA	NORMAL	CORTE E VINCO	TRANS PASSADAS
PRODUÇÃO			
% DE RESÍDUOS POR CAIXA			
PROCESSO DE PRODUÇÃO			
COLETA DE APARAS			
TAMANHOS DAS APARAS			
VANTAGENS			
DESVANTAGENS			

FONTE : AUTOR

### O experimento com as aparas de papelão

Primeiramente foi realizada a mesma simulação com as aparas de papelão produzida com o papel sulfite mas com pequenos ajustes, Figura 24. O experimento utilizou aparas obtidas na empresa Embrart. Devido a maior resistência à compressão das aparas de papelão, utilizou-se o dobro da quantidade de adesivo de PVA a base de água em relação as aparas de papel (com a mesma diluição de 50% de água), para aumentar a coesão entre as aparas, Figura 25.



FIGURA 24: ENCOLAMENTO MANUAL APARAS DE PO



FIGURA 25: MOLDAGEM DAS APARAS DE PO.

O material foi disposto no mesmo tipo de molde de divisão de gavetas para criar um parâmetro de comparação ao teste anterior. O maior tempo necessário para secagem da cola, sinalizou a necessidade de uso de compressão a quente para diminuir o tempo de cura. Após a compressão e cura do adesivo, as aparas apresentaram a mesma aparência da experiência realizada com o papel sulfite, mas acabamento menos uniforme. Também foi simulado a acomodação do colchão resultante dentro de uma caixa, as linhas de compressão ajudaram a flexão do colchão de aparas para ajuste aos ângulos da caixa, Figura 26.



FIGURA 26: SIMULAÇÃO DE PREENCHIMENTO COM APARAS DE PO.

O adesivo utilizado (PVA à base de água), variou a proporção com a sequência dos experimentos, e segundo recomendação do fabricante o uso de temperatura entre 60 e 90 graus, para prensagem a quente foi adotado como ponto de partida.

A formulação do adesivo utilizado nas chapas de PO produzidas pela Embrart à base de amido de mandioca é a referência para um produto final, mas não para o manuseio dos ensaios, uma vez é formulado com proporções específicas para chapas de PO, e tem um tempo limitado de cura.

O encolamento distribuiu o adesivo à base de PVA pela superfície das aparas da forma mais homogênea possível, onde o material seco e classificado por tamanho foi colocado na encoladadeira, um tipo de tambor rotatório. O sistema de aplicação do adesivo utilizado: o adesivo líquido foi aspergido através de uma bureta, com o uso de uma pistola de ar comprimido localizada no interior do encoladeira, que por tombamento ao girar,

proporcionou a dispersão e absorção do adesivo por todas as faces das aparas, Figura 27. Para testar a homogeneidade da dispersão do adesivo pelas aparas, utilizou-se um molde de alumínio de outro produto para realizar um ensaio de compressão, Figura 28.



FIGURA 27: A ENCOLADEIRA



FIGURA 28: TESTE PRELIMINAR DE PRENSAGEM

### 3.2.2 Etapa 2 – Colchão de aparas – estudo tridimensional

O resultado obtido com o colchão de aparas após a prensagem evidenciou a relação das áreas de maior densidade contendo o desenho da malha e as áreas entre as aparas com menor densidade, definidas como áreas de acolchoamento. Essas diferenças determinaram primeiro um estudo volumétrico com a combinação de formas geométricas que produziu um módulo de malha tridimensional. A malha quadrada manteve a flexibilidade do colchão nos sentidos horizontal e vertical. O ângulo das formas foi determinado pela maior possibilidade de dobras e também o ângulo de desmoldagem. A figura piramidal surgiu da união dessas premissas, Figura 29.



FIGURA 29: MODELO TRIDIMENSIONAL PARA TESTE DE FLEXIBILIDADE



### 3.2.3 Etapa 3 - Malhas

A necessidade de manter a maior flexibilidade possível em diferentes direções, verificada nos primeiros experimentos, selecionou a malha que estruturasse as aparas nas áreas de maior compressão. Estas malhas foram obtidas a partir das figuras geométricas mais simples, o triângulo, o quadrado e o hexágono, por serem apontados na geometria como as únicas formas que podem criar uma malha contínua com elas mesmas, Figura 30.

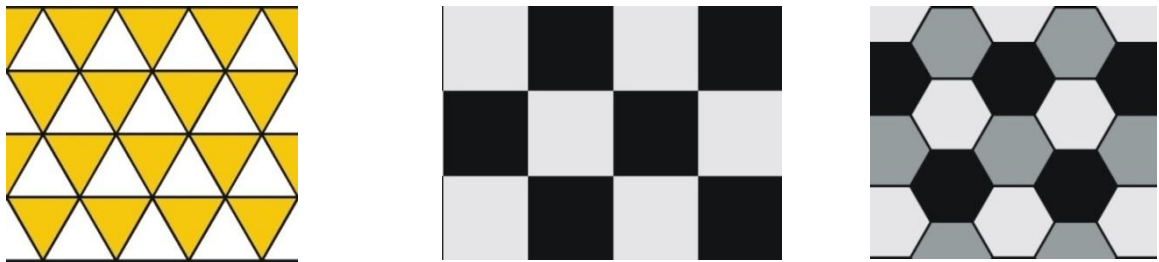


FIGURA 30: MALHAS GEOMÉTRICAS

A malha construtiva, define o tipo de união apropriada para os tamanhos das aparas e a consistência do produto e método de fabricação. Foi verificado que a malha criada com o triângulo tem linhas diagonais que se cruzam mas se opõem em ângulos muito pequenos com dificuldade na dobra do material mais espesso, já o hexágono cria mais linhas com ângulos de oposição que estruturam a malha de forma a impedir a flexão. Por outro lado a malha quadrada permite dois sentidos de dobra, devido ao ângulo de noventa graus entre as linhas, Figura 31 com maior flexibilidade na dobra entre linhas opostas, Figura 32.



FIGURA 31: ESTUDO TRIDIMENSIONAL 1



FIGURA 32: ESTUDO TRIDIMENSIONAL 2

### 3.2.4 Etapa 4 - Criação de matrizes para o molde

As matrizes foram confeccionadas a partir do dimensionamento do modelo volumétrico em papel duplex planificado e com bordas coladas, Figura 33. Foi confeccionado um módulo básico para ser duplicado no tamanho adequado ao manuseio dos testes de prensagem, 14 x 14 cm para fazer moldes em gesso e retirar contra formas também em gesso para montagem do molde definitivo em alumínio e a prensagem com calor, Figura 34.

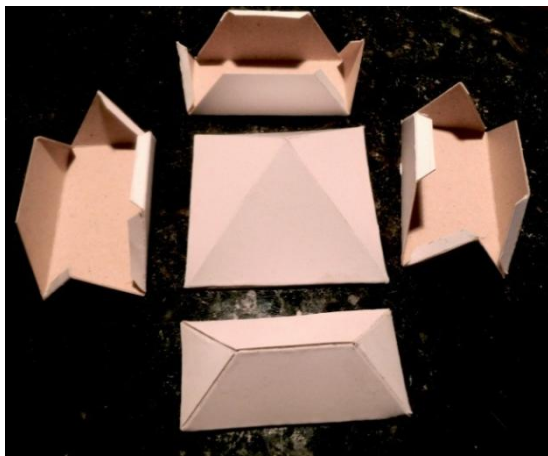


FIGURA 33: PLANIFICAÇÃO EM PAPEL CARTÃO

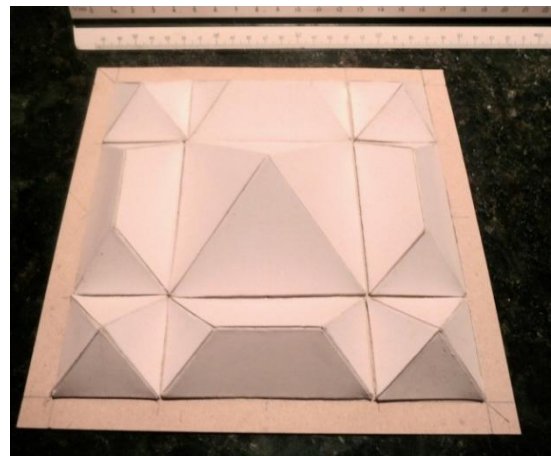


FIGURA 34: MÓDULO 14 X 14 CM

Esta matriz foi primeiro impermeabilizada com verniz incolor, após seco o verniz todas as superfícies receberam isolante em pasta aplicada com pincel, todo o conjunto foi colocado em uma caixa de cartão triplex também com aplicação de isolante, Figura 35.

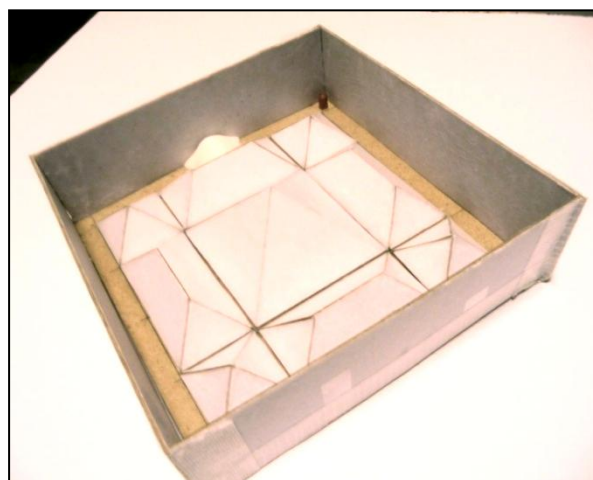


FIGURA 35: CAIXA DE CONTENÇÃO COM A MATRIZ PARA MOLDE DE GESSO



Após a cura do molde de gesso foi retirado da caixa e tornou-se a matriz macho. O mesmo processo foi repetido para criar a contra forma a matriz fêmea, que neste caso possui a mesma dimensão, Figura 36. As duas peças do molde após totalmente curadas foram novamente impermeabilizadas com isolante em pasta para conformar a matriz tridimensional utilizada para fabricação dos moldes em alumínio.

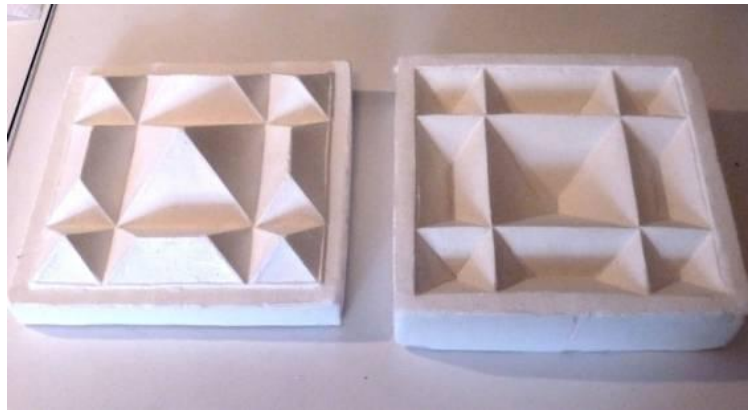


FIGURA 36: MATRIZES MACHO E FÊMEA DE GESSO

### 3.2.5 Etapa 5 - Produção do molde

O molde de alumínio foi confeccionado a partir das matrizes de gesso em alumínio, fundido em molde de areia, sem tratamento superficial nas faces do molde macho e nas faces do molde fêmea, moldada com características de uma peça tridimensional côncava com 5 cm de profundidade, com ângulos próximos a 45° para facilitar a desmoldagem, Figura 37.

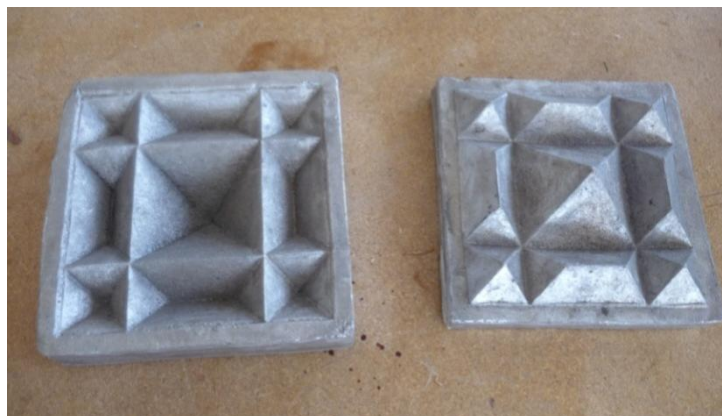


FIGURA 37: MOLDES MACHO E FÊMEA DE ALUMINIO

### 3.2.6 Etapa 6 - A prensagem

A prensagem foi feita após ensaios com as mesmas aparas de papelão previamente selecionadas (1cm x 14 cm), encoladas com o adesivo em uma diluição que mantém a dispersão pelas aparas homogênea. O encolamento utilizou o processo por tombamento e aspersão por meio de pistola de ar comprimido interna, Figura 38.



FIGURA 38: PISTOLA DE ASPERSÃO DE ADESIVO



FIGURA 39: PESAGEM DAS APARAS SÊCAS

A espessura e a densidade do colchão foi determinada pela pesagem das aparas secas, Figura 42, para determinação da gramatura por  $\text{cm}^2$ . A compressão durante a moldagem, embora constante, teve efeitos diferentes dependendo da variação da temperatura e gramatura na espessura do colchão. As aparas previamente pesadas e encoladas foram depositadas no molde de alumínio que foi preparado com uma caixa formadora do colchão, para manter as aparas dentro do perímetro do molde, Figuras 40 e 41.

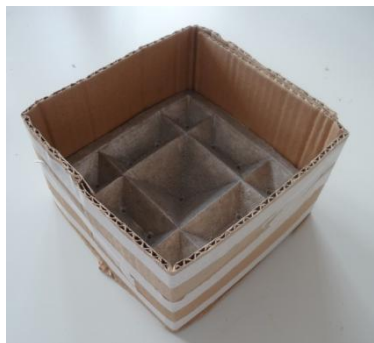


FIGURA 40: MOLDE COM CAIXA FORMADORA



FIGURA 41: APARAS PRONTAS PARA PRENSAGEM

A caixa formadora manteve o melhor aproveitamento e precisão do material pesado, com melhor controle do peso total das aparas, dentro das dimensões do molde sobre um filme de celofane, pouco maior que o molde para facilitar a desmoldagem, Figura 42. No método apresentado foi utilizado uma configuração aleatória das aparas para que o colchão passe para a próxima fase de conformação no molde de alumínio, figura 43.



FIGURA 42: MOLDE MACHO SOBRE FÊMEA



FIGURA 43: MOLDES PRONTOS PARA COMPRESSÃO

A prensagem tem a função de definir as densidades e também o tempo de cura do adesivo, nos experimentos foi usada uma prensa com capacidade de até 15t, Figura 44. O tempo de desmoldagem foi reduzido com o uso de estufa pré aquecida com temperatura controlada à 80° graus, após 15 minutos o material estava curado para ser retirado do molde, Figura 45. No primeiro ensaio realizado com compressão à temperatura ambiente de 25°, a cura completa do adesivo aconteceu após duas horas. O tempo de desmoldagem diminui com o aumento da temperatura da cura do adesivo, respeitando-se o limite indicado pelo fabricante.



FIGURA 44: PRENSA 15t A FRIO



FIGURA 45: ESTUFA COM TEMPERATURA CONTROLADA

### 3.2.6.1 Ensaios Exploratórios

Os experimentos foram realizados apenas com aparas nos tamanhos (1 x 14cm) de papelão de onda simples, para manter a homogeneidade e padronizar a avaliação do processo. Na moldagem das aparas, somente a partir do ensaio 4 quando a gramatura das aparas foi reduzida, verificou-se a necessidade de usar a caixa formadora do “colchão” de aparas. O conceito de deposição aleatório das aparas no molde foi usado para simular um processo automatizado de composição do colchão mantendo espessura homogênea das paredes da peça. O controle da densidade do colchão foi feito pela pesagem, de 50gr no ensaio 1, aumento para 75gr (valor máximo) no ensaio 2 e terminou em 20g (como valor mínimo, viável) no ensaio 6. A dosagem adequada de adesivo foi determinada pela densidade, peso final e flexibilidade do material. A seguir a descrição da realização dos ensaios desenvolvidos com o as mais importantes variáveis recomendadas neste processo, Tabela 7.

TABELA 7: VARIÁVEIS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DAS APARAS

VARIÁVEIS	ENSAIO 1	ENSAIO 2	ENSAIO 3	ENSAIO 4	ENSAIO 5	ENSAIO 6	ENSAIO 7
APARAS (gr) (14 X 1cm)	50gr	75gr	50gr	50gr	30gr	20gr	50gr
ADESIVO PVA BASE DE ÁGUA (ml)	40ml	40ml	30ml	30ml	20ml	20ml	20ml
COMPRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> )	15,3	20,4	20,4	20,4	15,3	15,3	20,4
TEMPERATURA DE ESTUFA (°C)	25	80	80	80	80	80	80
TEMPO DE SECAGEM (min)	120	15	15	15	15	15	15
COMPLEMENTOS			Desmol-dante	Desmolodante Caixa formadora	Desmol-dante Caixa formadora	Desmol-dante Caixa formadora	Desmol-dante Caixa formadora

FONTE: Autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ENTENDENDO O MERCADO EM QUE A EMPRESA ATUA

As empresas que atuam no mercado de cartonagem, devido aos custos acrescentados aos produtos transportados, se apresentam distribuídas por todo o país e concentradas nas regiões onde se encontram mais indústrias de produtos industrializados. Com excessão das industrias de papelão ondulado que são de grande porte, as fábricas de caixas de papelão (ou cartonagem), são na sua maioria de pequeno e médio porte. Ao promover o uso viável dos resíduos de papelão como calços ou preenchimentos por meio de uma tecnologia de baixa complexidade pode-se alterar o ciclo convencional da reciclagem destes resíduos. Na Figura 46, os retângulos vermelhos mostram a inserção de um novo ciclo (Ciclo regular do PO ver mapa página 9), ou extensão do ciclo existente para os resíduos das caixas de PO ao transformá-las em acessórios de embalagens para uso nas embalagens de transporte de produtos de consumo.



FIGURA 46: CICLO DE RECICLAGEM DAS APARAS COMO PRODUTO PARA EMBALAGENS DE TRANSPORTE

Ao reduzir-se o volume de resíduos na fábrica de cartonagem, por meio da transformação em produto complementar das embalagens de transporte, transfere-se o volume de papelão reciclado coletado no pós-venda ou mercado consumidor. A

possibilidade de substituição dos materiais plásticos de complementos de embalagem de transporte por aparas de PO, pode aumentar a homogeneidade e diminuir a contaminação das caixas de PO reprocessadas. Nas cooperativas ou por meio dos próprios catadores o trabalho de separação dos materiais poderia ser diminuído ou facilitado, além de adicionar maior valor agregado ao peso de revenda do papelão para os aparistas.

Embora, a princípio, estas observações sejam conjecturas, vários trabalhos descrevem a relação mais eficiente na reutilização e reciclagem de produtos e embalagens descartadas quando a desmontagem e separação dos materiais que as compõem são facilitados por medidas como: identificação dos diferentes materiais; instruções de desmontagem ou mesmo como nesta proposta através do design de um novo produto com um material inusitado e a possível substituição de outros materiais com uma reciclagem mais complexa ou menos lucrativa. A maior homogeneização no uso dos materiais incrementam a reciclagem e podem melhorar as estratégias do *Life Cycle Design* das embalagens, do ciclo do PO e mesmo dos produtos transportados, considerando-se a responsabilidade da empresa segundo as diretrizes do Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS. As possíveis consequências para o meio ambiente seriam a diminuição na movimentação dos resíduos na fase pré venda das embalagens sem alterar o ciclo de reciclagem já existente, substituição de materiais plásticos no uso de produtos descartáveis em transporte.

## **4.2 A ESCOLHA DO PRODUTO E O MATERIAL UTILIZADO**

Este trabalho focou a criação de um produto que pudesse manter o processo de fabricação dentro da própria empresa com o aproveitamento dos resíduos resultantes da fabricação das embalagens de PO, as aparas. A seleção de um tamanho único mais homogêneo baseou-se no critério de simplificar os processos a serem integrados na obtenção do produto e também, diminuir as possíveis resistências quanto a custo e operacionalidade dentro das empresas de cartonagem.

A avaliação teve como requisito sempre o uso de aparas de tamanhos regulares para facilitar o encolamento e a compressão no molde final de alumínio. A possibilidade de ter coleta automática viabiliza a seleção de grandes volumes para uso em um processo industrial. Embora vários modelos de caixas possam ter a coleta automatizada das aparas, o volume produzido em relação ao desenho da caixa e a frequência pesaram na escolha do tipo de aparas, Tabela 6.

TABELA 8: AVALIAÇÃO DAS APARAS PRODUZIDAS PELA EMBRART

MODELO DE CAIXA	NORMAL	CORTE E VINCO	TRANS PASSADAS
PRODUÇÃO	5000 UNIDADES POR HORA	5000 UNIDADES POR HORA	5000 UNIDADES POR HORA
% DE RESÍDUOS POR CAIXA	1 A 2% DA AREA TOTAL DA CAIXA	1 A 2% DA ÁREA TOTAL DA CAIXA	VARIA DE ACORDO COM O DESIGN, DE 5 A 10%
PROCESSO DE PRODUÇÃO	PLANIFICADA PRINTER SLOTTER	PLANIFICADA PRINTER SLOTTER	PLANIFICADA PRINTER SLOTTER
COLETA DE APARAS	AUTOMÁTICA	AUTOMÁTICA	AUTOMÁTICA
TAMANHOS DAS APARAS	1CM X METADE DA MENOR LARGURA	APRESENTA DOIS A TRES TAMANHOS (DIFERENTES LARGURA E ALTURA)	APRESENTA TAMANHOS 1CM X ATE TRES ALTURAS
VANTAGENS	APARAS DE TAMANHOS IGUAIS FÁCIL COLETA		
DESVANTAGENS		APARAS TAMANHOS IRREGULARES	PRODUÇÃO IRREGULAR TAMANHOS APARAS IRREGULARES COLETA MANUAL PEQUENAS QUANTIDADES

FONTE: Autor

#### Aparas Caixa Normal

O modelo de caixa normal, apresentou a maior quantidade de aparas com fluxo e tamanho constante, segundo coleta de amostras diretamente na empresa, Figura 47.



FIGURA 47: APARAS CAIXA NORMAL

#### Aparas Caixa Corte e Vinco

Aparas recuperadas das caixas corte e vinco apresentam vários tamanhos, devido ao design da planificação desta embalagem, Figura 48. O fluxo de produção depende de pedidos customizados e pode variar o volume de aparas disponíveis.

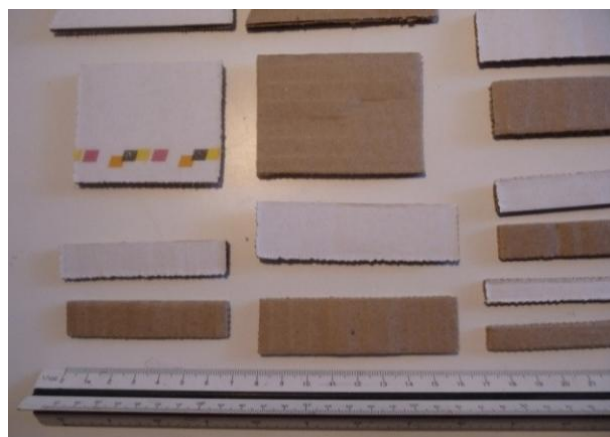


FIGURA 48: APARAS CAIXA CORTE E VINCO



### Aparas Caixas Abas Transpassadas

As aparas das caixas transpassadas são mais homogêneas no comprimento, 1cm do que na altura, variando de 15cm, 25cm até 35cm, são mais longas em geral que as produzidas com a caixa normal. A Figura 49 mostra as aparas coletadas na empresa, são bastante longas e se rompem com facilidade, criando uma massa heterogênea mais difícil de controlar a distribuição do adesivo durante o encolamento.



FIGURA 49: APARAS CAIXA ABAS TRANSPASSADAS

Estes resíduos atualmente são revendidos a baixo custo para empresas aparistas. A proposta tentou manter-se dentro do mercado de embalagens em que a empresa atua caixas de papelão ondulado, para isso foram feitos vários experimentos com os seguintes resultados:

#### 4.2.1 Ensaios preliminares com aparas de papel:

O uso de aparas de papel primeiramente deveu-se a facilidade de manuseio e tentativa de trabalhar com um tamanho padronizado para inserir dentro dos moldes. Foi utilizado adesivo a base de PVA aspergido manualmente. Após as aparas terem sido removidas do molde o material compactado adquiriu a forma do molde apresentando concavidades, Figura 50 e convexidades, Figura 51.



FIGURA 50: CONCAVIDADES



FIGURA 51: CONVEXIDADES

A análise da moldagem mostrou que as áreas de maior compressão (além de ajudar a manter o colchão de aparas unidas), criam linhas de orientação para a dobra em diferentes direções tornando o material mais flexível e adaptável a diferentes espaços. As áreas de menor compressão das aparas, em complemento, funcionam como um amortecedor contra choques e podem ajustar-se melhor à forma de diferentes objetos.

Esta observação guiou o estudo do design do molde baseando-se na forma de uma malha com convexidades e concavidades estruturais que pudessem ser mais eficientes na distribuição dos choques no transporte e apresentando menor área e menor peso, Figura 52.

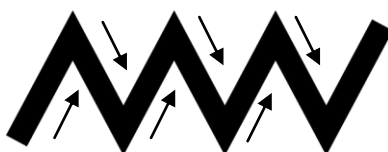


FIGURA 52: DESIGN ESQUEMÁTICO DO MÓDULO PARA DISTRIBUIÇÃO DO PESO E ABSORÇÃO DOS CHOQUES

Ao considerar-se a produção com processo contínuo de fabricação, o design do molde orientou o uso de ângulos de desmoldagem e na busca de um módulo padrão repetitivo para posterior reprodução em uma malha maior ou com dimensões diferenciadas.

#### 4.2.2 Ensaios com as aparas de papelão ondulado:

Após a compressão e secagem, as aparas apresentaram a mesma aparência da experiência realizada com o papel sulfite, embora mais resistente, ainda foi possível manusear o colchão resultante. Devido as linhas de compressão que ajudaram na orientação da flexão das aparas foi possível acomodar um produto, em uma caixa Figura 53.



FIGURA 53: APARAS DE PO COMO PREENCHIMENTO

Outra questão levantada no experimento foi a necessidade de aumentar a pressão de compressão no molde devido a resistência natural das aparas de papelão, e desta forma definir melhor as formas moldadas, e manter as aparas coesas. O maior tempo necessário para secagem da cola sinalizou a necessidade de uso de compressão a quente para diminuir o tempo de cura.

Foram utilizadas as aparas selecionadas a partir do estudo das caixas tipo normal, produzidas pela empresa com o tamanho mais homogêneo, para manter o colchão estável. Aparas recuperadas das caixas corte e vinco apresentam vários tamanhos, pelo design da planificação desta embalagem, sendo necessário, caso venham a ser utilizados, acrescentar mais uma operação para homogeneizá-los antes da compressão.

#### 4.3 QUANTO A VIABILIDADE ECONÔMICA

O gerenciamento do aproveitamento das aparas depende de um estudo específico de comparação de médio a longo prazo com o consumo de material usado na produção das caixas e o volume/preço dos resíduos reaproveitáveis, uma vez que a empresa produz uma variedade de modelos de caixas distribuída por grandes e pequenos pedidos de clientes, com sazonalidades próprias do Mercado. que não foi possível realizar neste trabalho por causa do tempo necessário. O custo dos resíduos resultantes da fabricação das caixas está incluído no preço das embalagens pago pelo cliente como perdas na produção dos produtos. Porém considerando-se a qualidade do material das aparas, a empresa deixa de ganhar R\$ 2,20 por quilo em relação a matéria prima usada nas caixas que tem custo de R\$ 2,50 por quilo. As aparas são revendidas aos aparistas à R\$ 0,30 o quilo. A o trabalho propõe um produto com maior valor agregado, que pagasse mais que este valor e abrisse a possibilidade de diminuir o custo da perda paga pelo cliente em alguns dos modelos fabricados, aumentando as vantagens competitivas da empresa de cartonagem.

#### 4.4 OS ENSAIOS COM O MATERIAL

Os resultados dos ensaios produzidos com as aparas foram analisados nas provas retiradas dos moldes junto com as variáveis mais significativas para este tipo de produto: a densidade do material, por meio do peso dividido pela área do molde ( nestes experimentos não foram medidas as espessuras das paredes, porque a colocação do material proposta foi aleatória, dificultando criar um padrão de análise); a quantidade de adesivo, calculado em ml por estar diluído em água, mas que após a secagem o peso final se torna insignificante para o ensaio; a intensidade da compressão empregada em toneladas, que foi dividida pela medida da área do molde com  $196 \text{ cm}^2$ ; a temperatura de secagem do adesivo que na verdade se tornou uma constante de  $80^\circ\text{C}$  para não ocorrer deformações no material, ou mudanças na composição do adesivo ( o fabricante recomenda de  $60$  a  $90^\circ\text{C}$ ); ainda por último o tempo de retirada das aparas comprimidas no molde, que acelerado com calor manteve um tempo de secagem de 15 minutos, tornando possível a comparação em um mesmo lote entre as variáveis dos ensaios.

#### 4.4.1 Ensaio 1

O primeiro ensaio foi realizado com volume de 50g de aparas considerando-se quanto de material poderia caber sobre o molde, se tornou a média dos experimentos, foi utilizado 40ml de adesivo diluído em 50% de água, a cura à temperatura ambiente de 25° durou 2 horas e compressão de 15,3 kg/cm<sup>2</sup>. A falta de material desmoldante, neste primeiro ensaio, deixou resíduos na retirada do material do molde, e produziu imperfeições nas parede do produto. Outra característica observada foi o excesso de aparas que transbordaram para fora do molde, diminuindo a densidade de aparas nas paredes do produto, apresentando irregularidades nas bordas, Figura 54.

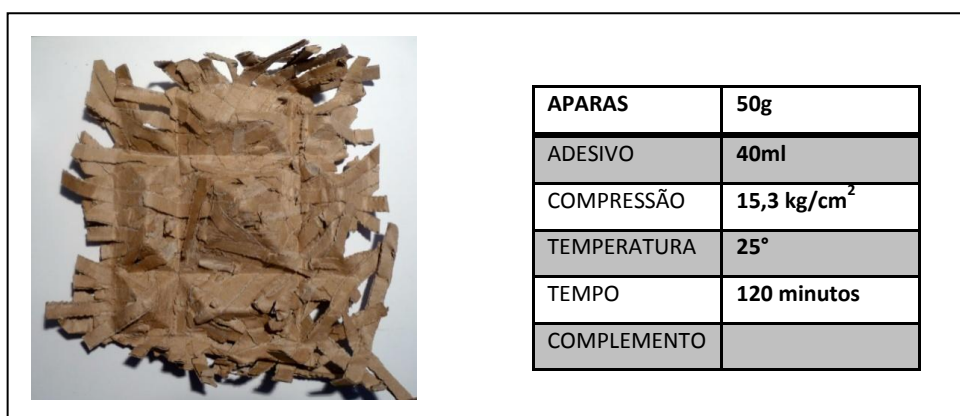


FIGURA 54: ENSAIO 1

#### 4.4.2 Ensaio 2

O segundo ensaio foi realizado com volume de 75g de aparas, utilizado como medida standart máxima de aparas nos experimentos, em relação ao tamanho do módulo testado 14 x14 cm. O aumento de 20,4 kg/m<sup>2</sup> do valor da compressão , devido o aumento do volume de aparas, produziu paredes mais rígidas. A quantidade e diluição do adesivo manteve-se o mesmo do ensaio 1. Acrescentou-se tempo de 15 minutos em estufa á 80° para cura do adesivo. Não foi utilizado material desmoldante, o aquecimento e a maior compressão facilitou a retirada do material do molde, mas o contato com o alumínio aquecido causou alguma cristalização do adesivo na superfície da peça.

A colocação manual de aparas no molde antes da prensagem resultou em transbordamento para fora do molde, causando rebarbas que precisam ser aparadas, desta forma, diminuindo a densidade das paredes do produto ao alterar o cálculo da quantidade de aparas pesadas e finalizadas na prensagem Figura 55.

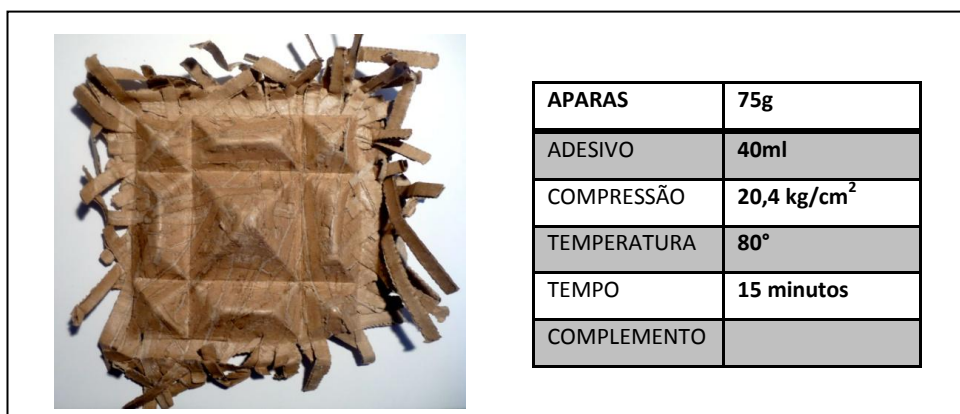


FIGURA 55: ENSAIO 2

#### 4.4.3 Ensaio 3

No terceiro ensaio manteve-se o volume do ensaio 1 de 50g de aparas, o ensaio 2 apresentou paredes muito espessas. O uso de adesivo foi reduzido para 30ml, também foram feitos orifícios no molde para acelerar a secagem na estufa com temperature à 80° e utilizou-se filme de celofane como material desmoldante para a retirada do material do molde. O excesso de aparas que transbordaram para fora do molde. Caso retiradas como rebarbas pode afetar o peso total da peça, (com gramatura menor que o ensaio 2), diminuindo também a densidade das aparas comprimidas, neste ensaio a compressão foi aumentada para 20,4 kg/m<sup>2</sup>, Figura 56.

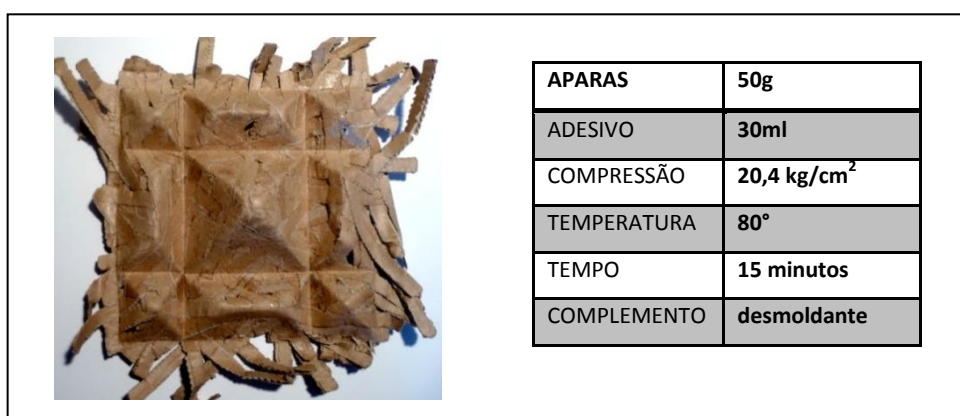


FIGURA 56: ENSAIO 3

#### 4.4.4 Ensaio 4

O quarto ensaio manteve-se no volume de 50g de aparas para comparar com o ensaio 3. A mudança do procedimento, na colocação das aparas agora com caixa formadora, antes da compressão das aparas, Figura 57, corrigiu a quantidade de aparas eliminadas como rebarbas em ensaios anteriores. O uso de adesivo e compressão manteve-se o mesmo do ensaio 3 (30ml e  $20,4\text{kg}/\text{m}^2$ ). O celofane também foi usado como desmoldante, Figura 58.



FIGURA 57: CAIXA FORMADORA



FIGURA 58: ENSAIO 4

APARAS	50g
ADESIVO	30ml
COMPRESSÃO	$20,4\text{ kg}/\text{cm}^2$
TEMPERATURA	$25^\circ$
TEMPO	120 minutos
COMPLEMENTO	Desmoldante Caixa formadora

#### 4.4.5 Ensaio 5

No quinto ensaio, foi realizado com volume de 30g de aparas, para analisar o peso mínimo possível. A colocação das aparas foi feita com caixa formadora, que corrigiu o transbordamento de aparas, melhorando os resultados da perda de material pela apara de rebarbas, Figura 59.

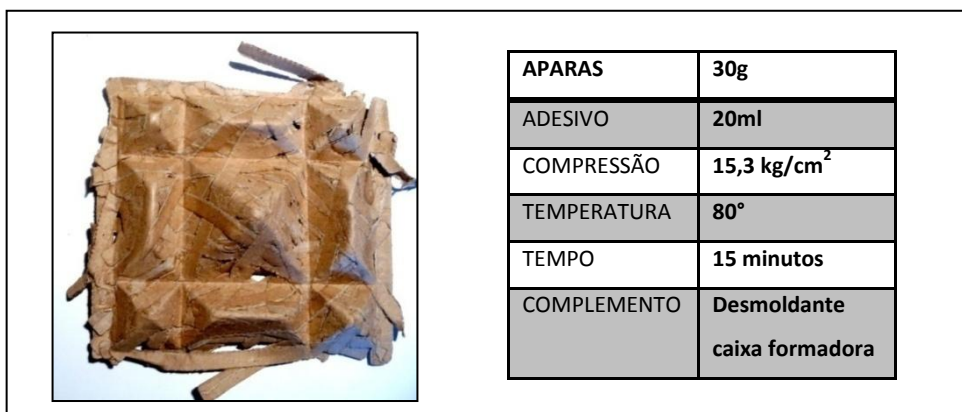


FIGURA 59: ENSAIO 5

A quantidade de adesivo e compressão também foram reduzidos, 20ml e  $15,3\text{kg}/\text{m}^2$  respectivamente, para melhorar a flexibilidade do material pós moldado. O aparecimento de



falhas foi verificado mas o tipo de adesivo empregado manteve a rigidez da peça, com a cura completa em 15 minutos. Foi utilizado filme de celofane como material desmoldante com estufa à 80°.

#### 4.4.6 Ensaio 6

O sexto ensaio foi realizado com volume de 20g de aparas considerado o mínimo limite. Ocasinou várias falhas visíveis nas paredes do modelo, mas alcançou peso e densidade de 0,10g /cm<sup>2</sup> ou 1kg por m<sup>2</sup>, aproximando de características buscadas em um produto usado como calço ou preenchimento rígido para embalagens de transporte. O encolamento com apenas 20ml de adesivo manteve as aparas unidas com consistência. A malha quadrada adotada com forma piramidal tornou o material bastante resistente à compressão. As eventuais falhas encontradas entre as aparas, caso o tamanho e a distribuição sejam homogêneas podem ser toleradas em um material que pretende ser de uso único e de fácil reciclagem, Figura 60.

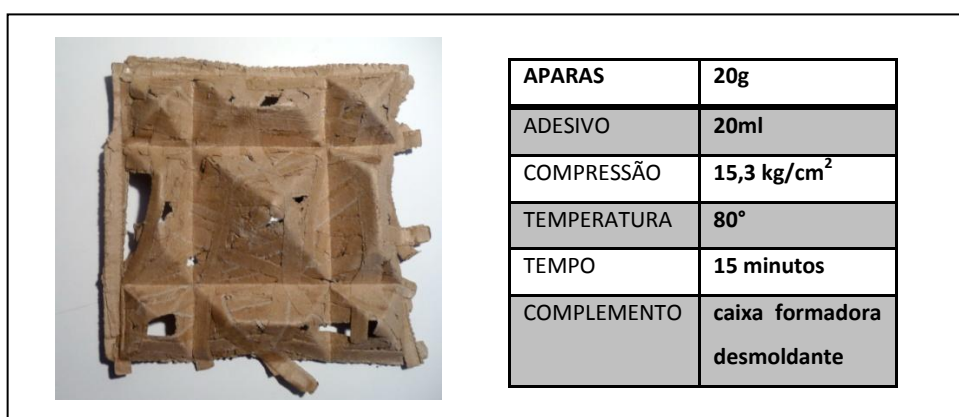


FIGURA 60: ENSAIO 6

#### 4.4.7 Ensaio 7

O sétimo e último ensaio realizado com as mesmas variáveis dos ensaios anteriores, sugeriu uma mudança no procedimento de compressão. Foram utilizados dois moldes fêmea (côncavos), com a colocação de uma quantidade de aparas maior, 50g. A compressão utilizada foi de 20,4 kg/m<sup>2</sup>, para conformar o maior volume das aparas no espaço vazio entre os moldes.



A quantidade de adesivo se manteve baixa 20ml que resultou em aparas com menos encolamento nas áreas mais altas do molde, Figura 61.



FIGURA 61: ENSAIO 7

O uso do celofane para facilitar a desmoldagem provocou o achatamento do material. A aparência do colchão de aparas com menor compressão, mostrou flexibilidade maior que os outros ensaios e sugere outro conceito no design do molde para ser aproveitado como preenchimento e proteção contra choques em embalagens de transporte, Figura 62. Poderia se comparar ao uso do sistema de preenchimento com papel *kraft* (pg 40). Embora o peso por cm<sup>2</sup> maior possa limitar a competição no peso final da embalagem em relação a outros produtos similares, usos em embalagens com produtos pesados seriam mais adequados.



FIGURA 62: ENSAIO 7 COM FILME DE CELOFANE

#### 4.4.8 Ensaio 8

Este ensaio, realizado sem as mesmas variáveis utilizadas nos ensaios anteriores, não necessitou da prensa para a compressão, apenas o peso dos moldes. Os dois modelos de aparas já estavam conformados; resultado do ensaio 6. A temperatura de 80° foi utilizada para acelerar o processo de secagem da união, sem necessidade de cura do adesivo das aparas, Figura 63.



FIGURA 63: COMFORMAÇÃO DO ENSAIO 8

Não foi utilizado filme de celofane como desmoldante, pois não havia adesivo nas faces externas dos modelos. O peso total ficou em 40 g, Figura 64.



FIGURA 64: ENSAIO 8 DESMOLDADO








A proposta deste ensaio, propõe um processo com um maior número de etapas e equipamentos para processar primeiramente as duas faces dos modelos de aparas e na sequência a união destas para conformar um outro produto. As aplicações podem ser

bastante variadas: suportes customizados no formato do produto transportado, embalagens com montagem de duas faces iguais opostas ,etc.

#### 4.4.9 Tabela comparativa

Durante os ensaios do produto proposto, o foco foi baseado nas características e funções básicas dos produtos vendidos pelas empresas de embalagens de transporte: proteção no manuseio, transporte e estocagem dos produtos.

TABELA 9: QUADRO COMPARATIVO ENSAIOS 1 - 7

							
ENSAIOS	1	2	3	4	5	6	7
APARAS	50g	75g	50g	50g	30g	20g	50g
ADESIVO ml	40	40	30	30	30	20	20
COM PRESSÃO kg/cm <sup>2</sup>	15,3	20,4	20,4	20,4	15,3	15,3	20,4
TEMPERATURA	25°	80°	80°	80°	80°	80°	80°
TEMPO minutos	120	15	15	15	15	15	15
COMPLEMENTO			Desmol-dante	Caixa formadora+ Desmol-dante	Caixa formadora+ desmol-dante	Caixa formadora+ Desmol-dante	caixa formado-ra + desmol-dante

Fonte: Autor

Os ensaios foram guiados pelas variáveis mais significativas: 1 - A quantidade de aparas, o peso utilizado de aparas no primeiro ensaio, iniciou com 50g, uma relação direta com a especificação de gramatura de papéis: gramas por m<sup>2</sup>. Nos ensaios utilizou-se gramas por cm<sup>2</sup> devido o uso de um módulo de 14 x 14 cm, proporcionalmente buscou-se o menor peso do produto para ser agregado como acessório às caixas de transporte, sendo que, nos ultimos ensaios conseguiu-se reduzir para 20g o peso total. 2- O adesivo, o elemento que proporciona a união entre as aparas, e mesmo em pequenas proporções, representa custo e afeta a qualidade do produto final. O ensaio 1 inicia-se com 50g de aparas para 40ml de

adesivo diluído e finaliza-se o ensaio 7 com 20ml de adesivo para 20g de aparas conseguindo controlar a integridade física do produto pela dosagem de pressão no molde.

3 – A compressão. Buscou-se o equilíbrio da força exercida na compressão e a quantidade do adesivo resultando em resistência a choques durante o transporte de produtos, e que também permitisse o isolamento do exterior por meio de um material final que não sofresse deformações. Também incluídos nessa variável a possibilidade de empilhamento para armazenamento, tanto do produto sem utilização como dentro da embalagem. 3 – O tempo de cura do adesivo é levado em conta pela questão de produtividade e fluxo de produção, uma vez que o adesivo cura a temperatura ambiente, mas com prazos muito longos (ensaio 1 – duas horas), e adaptável a diferentes produtos.

## 5. CONCLUSÕES

- Os ensaios mostraram as possibilidades de várias linhas de produtos com características diferentes, utilizando-se somente as aparas e adesivo de união. Estes diferentes conceitos foram demonstrados por pequenos ajustes e variações quantitativas das principais variáveis propostas neste trabalho, como quantidade de adesivo, aparas por  $\text{cm}^2$ , compressão na moldagem, etc.

- A fabricação de um produto produzido com as aparas de PO, depende do desenvolvimento de maquinário apropriado ainda não existente, mas possível com adaptação de processos de moldagem conhecidos e testados durante os ensaios que podem ser adaptados ao propósito.

- O produto proposto demonstrou conceitos importantes associados as embalagens de transporte ao procurar aproveitar os resíduos existentes da fabricação: diminuir o custo e a movimentação da reciclagem ao manter o processamento dos resíduos dentro da empresa; aumentar o valor agregado dos resíduos transformando-os em um produto comercial; facilitar a armazenagem sendo um produto empilhável; ter baixo peso com boa resistência para proteger o produto transportado.

- O trabalho, por causa do processo adotado de produção, mantém-se dentro do ciclo de reciclagem do papelão ondulado.

## 6. SUGESTÕES

- Estudar, para trabalhos posteriores, processos industriais que possam ser utilizados para transformar todos os resíduos da fabricação de caixas em tamanhos homogêneos ideais para um processo de aproveitamento em novos produtos.
- Propor novos desenhos de malhas para produtos com outras dimensões e proporções diferentes para eventualmente ampliar o uso em outras áreas: construção civil, marcenaria, mobiliário, embalagens, divisórias, etc.
- Propor o uso com moldes customizados para produtos específicos e mais pesados para serem utilizados como calços em embalagens de transporte ou outros tipos de utilização.

## REFERÊNCIAS

ABMACO - Associação Brasileira de Materiais Compósitos. **Compósitos I Materiais, Processos, Aplicações, Desempenhos e Tendências**. São Paulo: ABMACO, 2008.

ABPO Associação Brasileira de Papelão Ondulado, **Sustentabilidade em foco 2013**  
Disponível em: <http://www.abpo.org.br/p=67> Acesso em: 06 /06/2013

ACI Committee 440, **“Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures”**, ACI, 2002.

ALMEIDA, Cecília M.V.B. de, e Giannetti, Biaggio F. - **Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação = elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Panorama do Setor.2012**  
Disponível:<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>  
Acesso em: 30/11/2013.

BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel. **RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE 2010**. Disponível:  
[http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/public/relsustenta/Bracelpa\\_PDF\\_Navegavel\\_PORT\\_Final.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/public/relsustenta/Bracelpa_PDF_Navegavel_PORT_Final.pdf) Acesso em: 08/12/2013.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos**. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

BEZERRA,C. **A máquina da Inovação: Mentres e Organizações na Luta por Diferenciação**. Porto Alegre; Bookman, 2011.

BONSIEPE, G. **A Tecnologia da Tecnologia**. São Paulo: Ed. Blücher, 1983.

CALLISTER ,Jr. W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução**, 5ª ed., Rio de Janeiro, RJ, LTC, 2002.

CARD, JC.; Palermo, PM, **“Safeline for Ships”**, In: **Prevention of Fracture in Ship Structure, Committee on Marine Structures, Marine Board**, National Research Council, pp. 81-86, 1997;

CEMPRE - **Compromisso Empresarial para Reciclagem**.  
Disponível: [http://www.cempre.org.br/servicos\\_mercado.php](http://www.cempre.org.br/servicos_mercado.php)  
Acesso em: 24/10/2012

CHAVES, G. L. D.; BATALHA, M. O. **Os Consumidores Valorizam a Coleta de Embalagens Recicláveis? Um Estudo de Caso da Logística Reversa em Uma Rede Hipermercados**. Gestão

da Produção. São Carlos, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br> Acesso em 07/02/2013.

COELHO, H. M. G.; LANGE, L. C.; JESUS, L. F. L.; SARTORI, M. R. Proposta de um Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.16, n.3, p. 307-316, 2011.

DENÍCULI, F. D., **Determinação de Propriedades Termoelásticas de Compósitos Particulados de Matriz de Metal Utilizando um Modelo Micromecânico**, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG/DEMEC, Belo Horizonte, MG, 1999.

FERREIRA, J. V. R. **Análise do Ciclo de Vida dos Produtos**. Instituto Politécnico de Viseu, Portugal. p,80. 2004.

FIKSEL, J. **Design for Environment: Creating Eco-efficient Products and Processes**. McGraw-Hill: New York, 1996.

GIOVANNINI, F.; KRUGLIANSKAS, I. **Fatores Críticos de Sucesso para a Criação de Um Processo Inovador Sustentável de Reciclagem: Um Estudo de Caso**. Revista Administração Contemporânea, Curitiba, v. 12, n. 4, dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php> Acesso em 07/02/2013.

HERAKOVICH, C. T., **Mechanics of Fibrous Composites**, University of Virginia, p.480.1997.

HIHUNT, C.B.;AUSTER, E.R. Proactive **Environmental Management:Avoiding the Toxic Trap**.Sloan Management Review,, vol.31,number 2, Winter, 1990.

KARBHARI, V. "**Application of Composite Materials to the Renewal of Twenty First Century Infrastructure**", **Proceedings of the Eleventh International Conference on Composite Materials**, Gold Coast, Woodhead; 1997.

KELLEY, T.;LITTMAN,J. **A Arte da Inovação**. São Paulo Futura 2001.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. - **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 1993. Disponível em: [http://www.etepiracicaba.org.br/cursos/apostilas/mecanica/3\\_ciclo/ensaios\\_tecnologicos.pdf](http://www.etepiracicaba.org.br/cursos/apostilas/mecanica/3_ciclo/ensaios_tecnologicos.pdf) Acesso em; 15/11/2012.

MACEDO, A.R.P.;VALENÇA, A.C. de V. **Reciclagem de Papel - Papel e Celulose**. BNDES,p.20. 1995.

Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta\\_Expressa/Setor/Produtos\\_Florestais/199511\\_10.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Produtos_Florestais/199511_10.html) Acessado em: 22de Jul de 2013.

MAGALHÃES, R. M. - **Análise Do Ciclo De Vida Orientada Para O Meio Ambiente – O Contexto De Projeto E Gestão Para O Desenvolvimento Sustentável**. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998

MANZINI,E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**, Editora Universidade de São Paulo , São Paulo, 2008.

**M.C. ESCHER THE OFFICIAL WEB SITE**. Disponível em:< <http://www.mcescher.com>>  
Acesso em : 20 de Ago de 2013.

NETO, E.B. **Estratégias de Design para os Países Periféricos**. CNP-Coordenação Editorial: Brasília, 1981.

OLLI, P. **The Chemical Modification of Wood**. Teknillinen Korkeakoulu, Puu28. 178 Puutecniikan seminaari, 2003.

PADOVANI, S. - **Notas de aulas em IHC, disciplina do Mestrado em Design**, UFPR, 2006.

PLÁSTICO. **COMPÓSITOS BALANÇO E PERSPECTIVA**,  
Disponível em; <http://www.plastico.com.br/plastico/economia/compositos-balanco-e-perspectivas> Acesso em 04 de dez de 2013

**POLITICA NACIONAL de RESIDUOS SÓLIDOS 2010**. Ministério do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/politica-de-residuos-solidos>> Acesso em: 08/;03/2013.

PORTO, R. G. **Revista Design & Tecnologia** - UFRGS, v. 2 N°3, 2001. Disponível em: -  
<<http://www.pgdesign.ufrgs.br/designetecnologia>> Acesso em: 15/11/2012

RAZERA, Dalton. **Estudo sobre as interações entre as variáveis do processo de produção de painéis aglomerados e produtos moldados de madeira**. Tese (Doutorado Ciências Florestais). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2006.

RAZERA, D. L.; SANTOS, A. Dos; SCHUSTER, E. **Seleção de Materiais de Baixo Impacto: aplicação de compósitos moldados a partir de aparas de papelão ondulado em embalagem para eletrodoméstico**. Programa de Pós-Graduação em Design da UFPR, 2011.

RAZERA, D.; SANTOS, A. Considerações para o projeto de produtos moldados em resíduos de madeira utilizando a compressão a frio. **Revista de Estudos em Design**, 2007.

Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro – REDETEC 1/10/2007.

RIBEIRO,J.C.J. **Desenvolvimento de modelo para avaliação de desempenho de política pública de meio ambiente**. Estudo de caso: Estado de Minas Gerais. Tese Doutorado.335p. Minas Gerais: Escola de Engenharia da UFMG, 2005.

ROBERT, N. T. F. **Produção de Embalagem de Papel**.

RODRIGUES, I.G. **Antropologia do Design: o olhar antropológico do designer**. Rio de Janeiro, Espaço e Tempo, 2005.



SANTOS, A. dos - Design em Papelão Ondulado. Curitiba: UFPR - **Núcleo de Design e Sustentabilidade. Série Design e Sustentabilidade Brasil**, v.01, 2006.

SANTOS, A. dos; SAMPAIO, C. P. de; SILVÉRIO, D. P.; REIS, G. L.T. **Tecnologia CFG ( *Cushion Folder Gluer*) para Embalagens de Exportação em Papelão Ondulado**, editora? Curitiba 2005.

SILVA, M. A. F. da - **Métodos e Técnicas de Pesquisa**. Curitiba: Ibpx, 2005.

**SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UFPR**. Orientação para Normalização de Trabalhos Acadêmicos. 2013. Disponível em: [www.portal.br/normalização.html](http://www.portal.br/normalização.html) Acesso em: 04/04/2013

TWEDE, D.; SELKE, S.E.M. - **Cartons, Crates, and Corrugated Boards: Handbook of Paper and Wood Packaging Technology**. Lancaster: DEStech Publications Inc, Print, 2005.

TWEDE, D.; WEVER, R. The history of molded fiber packaging: a 20th century pulp story. TU Delft digital repository (Netherlands). **International Association of Packaging Research Institutes**. Print, 2007.

TIBOR, T.; FELDMAN, I. **ISO 14000 — Um Guia para as Novas Normas de Gestão Ambiental**. Editora Futura: São Paulo, 1996.

VALLET, F.; EYNARD, B.; MILLET, D.; MAJHUT, S.G.; TYL, B.; BERTOLUCI, G. Using eco-design tools: An overview of experts' practices, **Design Studies**, v.34, n.3, p. 345-377, 2013.

YIN, Robert - **Estudo de Caso: Planejamento e Método**. Bookman, 2001.

VENTURA, A.M.F.M. **Os compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas Metálicas**. Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal. Ciência e Tecnologia de Materiais v.21, n. 3-4. 2009. Disponível: [http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S0870-83122009000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S0870-83122009000200003&script=sci_arttext) Acesso em; 02 de Dez. 2013.

WBCSD – **World Business Council for Sustainable Development**. Disponível: <http://www.wbcsd.org/home.aspx> Acesso em: 08 de Ago. 2013.

VIEGAS, C.V. **Capacidade Tecnológica e Gestão de Resíduos Sólidos Industriais: Estudo de Casos em Empresas Calçadistas do Vale dos Sinos**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, p.113. 1997.

YOUNGQUIST, J.A. **Mechanical and physical properties of air-formed wood-fiber and polymer-fiber composites**. Forest Products Journal, v.42, n.6, p.42-48, 1992.

## APÊNDICE

Questionário com perguntas feitas em entrevista ao gerente de vendas e desenvolvimento de produtos da empresa Embrart, Sr. Sérgio Wosch em janeiro de 2014. Em algumas perguntas podem aparecer réplicas por se tratarem do mesmo assunto:

1. Quais são as máquinas que produzem quantidades significativas de resíduos padronizados (mesmo tamanho de aparas, baseado no modelo e tiragem de embalagens)

**SW: As embalagens que mais produzem aparas são as impressoras e as corte e vinco planas, porém os refiles são de tamanhos variados pois as embalagens são feitas por encomenda.**

2. Quais os modelos de caixas com os maiores volumes de produção de resíduos em aparas (uma estimativa dos modelos mais fabricados)?

**SW: A Embrart gera em torno de 20 toneladas mensais de aparas, mas não há padrão dimensional**

Para ter uma comparação mais clara qual a porcentagem desse valor representa do papelão ondulado consumido pela empresa? Quantas toneladas de chapas de papelão ondulado mensais são consumidas pela Embrart?

**SW: Representa cerca de 3% do total de 600 toneladas produzidas por mês**

3. Como esses resíduos são coletados (eu vi com o Eduile, o exaustor, todas as máquinas usam este equipamento)?

**SW: Algumas máquinas tem coletores, mas a maioria não. Estas são colocadas em carrinhos e levadas até a caçamba.**

Só para confirmar, as maquinas que produzem mais aparas possuem este coletor? as impressoras e as corte e vinco planas?

**SW: Apenas 2 máquinas possuem coletor, 1 impressora e uma Corte e Vinco. No total temos 6 impressoras e 3 Corte e Vinco**

4. Esses resíduos são separados de acordo com algum critério?

**SW: Não há nenhum critério de separação.**

Seria possível controlar esta separação através da coleta seletiva das aparas de um determinado modelo de caixa sendo produzido por uma máquina? Por exemplo, na produção de caixa normal que possui refiles mais homogêneos orientar o coletor para um container separado?

**SW: Pode ser pensado em algo sim.**

5. Estes resíduos tem algum tipo de reaproveitamento dentro da própria empresa?

**SW: Só aqueles resíduos de tamanhos maiores que podemos usar para fazer tabuleiros**

Você pode especificar qual seriam os tamanhos desses tabuleiros?

**SW: Esses tabuleiros não são para uso na Embrart e sim para venda a clientes. Em geral são tabuleiros pequenos, tipo tamanho A4, mas não há um padrão dimensional**

6. Caso hajam terceiros envolvidos no processo de reaproveitamento, como estes atuam? Existe algum custo para alguma das partes?

**SW: Temos uma unidade em Araucária que processa os resíduos aproveitáveis. Lá usamos funcionários da Embrart e, as vezes, terceirizados.**

Os resíduos aproveitáveis são enfardados e revendidos para fabricas de papelão? O que se torna rejeito/lixo vai para aterro sanitário? Esta separação (das vinte toneladas mensais de aparas), é toda feita nesta unidade em Araucária?

**SW: Não. Os resíduos aproveitáveis vão para a unidade de Araucária onde produzimos calços ou acessórios que são vendidos a nossos clientes. Os resíduos que não são aproveitáveis para nossas vendas são colocados nas caçambas de nosso Aparista terceirizado e ele é que faz o enfardamento e venda para as fábricas de papel.**

7. Quais os volumes mensais de aparas estimados por cada modelo de caixa mais consumido ( uma porcentagem de perda por caixa pode ajudar a calcular as porcentagens aproximadas do total de aparas) ?

**SW: Como citei na resposta 2, cerca de 20 toneladas por mês?**

8. Qual é a porcentagem da produção total da empresa que cada modelo de caixa representa (normal, traspassada, corte e vinco e especial)?

**SW: Não há um predomínio de um modelo específico. Mensalmente produzimos cerca de 1000 itens diferentes e dos mais diversos modelos.**

9. Qual é o tamanho ou tamanhos e tipos das chapas de papelão ondulado utilizadas pela Embrart?

**SW: Como as embalagens são produzidas sob encomenda, os tamanhos e tipos de embalagens são os mais variados.**

10. Quantas caixas planificadas, por modelo (normal, traspassada, corte e vinco, especial), cabem em cada chapa de papelão ondulado?

**SW: Normalmente em cada chapa sai apenas uma caixa, exceto em casos de caixas muito pequenas em corte e vinco é que fazemos arranjos nas facas para saírem mais peças por chapa.**

Qual o tamanho da chapa de papelão?

**SW: Para cada embalagem compramos a chapa de papelão exatamente no dimensional necessário para sua produção (sob encomenda). A idéia é evitar o máximo de perdas.**

11. A Embrart possuem um estoque regulador de algum dos modelos de caixas produzidas?

**SW: Para cerca de 10 clientes mantemos em estoque os itens de embalagens mais consumidos para atendê-los em Sistema Kanban.**

## ANEXOS



A Definição Interdisciplinar do Design e da Produção Gráfica - IED-PP  
www.ied-pp.org.br

## Seleção de Materiais de Baixo Impacto

Aplicação de compósitos moldados a partir de aparas de papelão ondulado em embalagem para eletrodoméstico.

Prof. Dr. Dalton Razera  
Universidade Federal do Paraná - UFPR / Brasil

Mestranda Estefanie Schuster  
Universidade Federal do Paraná / Brasil

Prof. Dr. Aguinaldo Santos  
Universidade Federal do Paraná / Brasil

### Resumo

O presente artigo aborda um estudo de caso de uma embalagem de eletrodoméstico através da dimensão ambiental proposta por Manzini e Vezzoli (2008): seleção de materiais de baixo impacto. O objetivo é propor um material ambientalmente amigável, para isso foi selecionado uma peça da embalagem em EPS (isopor) para que seja realizada uma substituição por materiais descartados industrialmente, aparas de caixas de papelão ondulado (PO), oriundas de uma empresa de cartagem. A metodologia utilizada para a pesquisa foi realizada através de revisão bibliográfica do tema, estudos de sistemas de embalagem, workshops de criação e um experimento. O experimento realizado foi a fabricação da peça (calço) pelo processo de moldagem por compressão a quente proposto por Razera (2006). O resultado desta pesquisa foi o desenvolvimento de um produto moldado a partir da reutilização do material, antes de seu primeiro descarte para reciclagem, agregando valor e garantindo um posterior descarte para reciclagem.

### Abstract

*This article discusses a case study of an appliance package through the environmental dimension proposed by Manzini and Vezzoli (2008): selection of low-impact materials. The goal is to propose an environmentally friendly material, for that, it was selected a piece of EPS packaging (Styrofoam) to be performed a replacing of the discarded industrial materials, scraps of corrugated cardboard. The methodology used for the research was through literature review of the topic, studies of packaging systems, creative workshops and an experiment. For the experiment was selected a piece in EPS for use in composite following the method of cold compression from Razera (2006). The result of this research was to develop a piece of internal protection for packaging made from corrugated cardboard scraps, forming an element (or volume) of low density.*

### Métodos e materiais

#### Materials and methods

A metodologia tem início com revisão artigos, livros e pesquisas referentes aos princípios da sustentabilidade. Posteriormente foi realizado um workshop de criação onde foram desenvolvidas as proposições e aplicações dos conceitos estudados.

Na embalagem, os componentes internos de proteção (calços e cartoneiras) do produto podem ser substituídos por compósito de papelão ondulado ao invés de um material plástico PS (poliestireno) ou EPS (isopor). No experimento foi utilizado um método para moldagem de um compósito com aparas de papelão ondulado com adesivo a base de fécula de mandioca, por compressão a frio para aplicação na substituição do calço utilizado como suporte para proteção, desenvolvido em EPS nas embalagens.

Para o desenvolvimento das peças de proteção foi realizado um experimento seguindo a metodologia apresentada por Razera (2006, p.79), o processo de moldagem por compressão a quente. O processo, segundo Razera (2006, p.79), consiste primeiramente em uma moldagem a frio e compressão.

Na elaboração do experimento foram fabricados moldes, sendo uma matriz macho e uma em fêmea.

No molde definitivo foi sobreposto filme plástico (celofane), onde são dispostas as aparas de papelão ondulado encoladas com adesivo a base de fécula de mandioca. É necessário calcular a quantidade de unidade retida pelo material para saber o tempo de cura da peça.



Figura: peça e material preparados. Fonte: Autores



### Resultados

#### Results

O compósito desenvolvido para a proposta possui apenas uma abordagem conceitual, porém seria necessária, na continuidade, uma pesquisa sobre sua viabilidade econômica. Na estrutura do compósito deve haver estudos quanto à quantidade de adesivos e da densidade do produto para manter a peça leve e resistente. Havendo uma redução no impacto ambiental com o uso de papelão reciclado, porém a questão de transporte deveria ser solucionada com relação aos custos, qualidade de vias e tecnologias disponíveis para o processo. A peça final obteve um aspecto similar ao da peça original de produção em EPS, ainda necessitando o desenvolvimento da técnica e do material.

Uma visão global de todo processo é necessário para que haja colaboração entre os atores desse sistema, seja na produção, intercâmbio de processos e na coleta de material, pois como afirma Razera, o design para a Sustentabilidade não é Absoluto, é sempre relativo e territorial e não universal.

### Conclusões

#### Conclusions

Com relação ao experimento realizado nesta pesquisa, podemos concluir que:

Para que o "calço" desenvolvido pela proposta conceitual seja viável, segundo a empresa de cartagem parceira na pesquisa, deveria ter, no máximo, até cinco vezes o peso em kilogramas do produto moldado com aparas de papelão ondulado (PO) em relação ao peso da peça expandida de EPS, para viabilidade econômica. O protótipo desenvolvido ainda necessitaria de estudos para esta viabilidade, pois enquanto o "calço" em EPS (isopor) pesou 80 gramas, o moldado por aparas pesou 786 gramas. Necessitando, porém diminuir sua densidade mantendo sua forma original.

Supere-se que haja um redesenho da peça de isopor (EPS), para que o formato se adapte sua função ao processo proposto (moldagem).

Com relação aos materiais utilizados no experimento, sistemas integrados de reciclagem entre empresas colaboram para o fornecimento de materiais para fabricação de produtos moldados a serem utilizados em embalagens.

Com relação ao material utilizado, esta pesquisa somente se viabilizaria, com resíduos oriundos de empresas de cartagem, já que o destino das aparas de produção é o comércio, e ainda assim com baixo valor agregado (sucata). O uso de aparas de papelão na produção de compósito traria um maior valor ao material descartado.

### Referências

#### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS < <http://www.abne.org.br/> Acessado em setembro de 2011.
- KAZAKIAN, T. *Revendo ideias das colinas: a vez do design e do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: SENAC, 2005.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais*. São Paulo: Edusp, 2008.
- PELIER, F.; SIFORTA, H. *Design Sustentável: Caminhos Virtuosos*. São Paulo: Editora SENAC, 2006.
- Projeto Pandora. < <http://projeto-pandora.blogspot.com/>. Acessado em setembro de 2011.
- RAZERA, D.; SANTOS, A. Considerações para o projeto de produtos moldados em resíduo de madeira utilizando a compressão a frio. *Revista de Estudos em Design*, 2007.
- RAZERA, Dalton. Estudo sobre as interações entre as variáveis do processo de produção de painéis aglomerados e produtos moldados de madeira. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2006.
- SANTOS, AGUINALDO. *Seleção de Recursos de Baixo Impacto Ambiental. Série Design Sustentável*, 2009.
- SANTOS, Aguinaldo dos et al. *Design em Papelão Ondulado*. Curitiba: Núcleo de Design & Sustentabilidade. Série Design Sustentável Brasil, Volume 01, 2006.

### Agradecimentos e contatos

#### Acknowledgements and Contacts

Ao Núcleo de sustentabilidade da Universidade Federal do Paraná, ao Programa de Pós-graduação em Design da UFPR, ao Laboratório de Materiais do Departamento de Design da UFPR e as empresas parceiras da pesquisa.

Dalton Razera: [daltonrazera@ufpr.br](mailto:daltonrazera@ufpr.br)  
Estefanie Schuster: [estefanieschuster@gmail.com](mailto:estefanieschuster@gmail.com)  
Aguinaldo Santos: [aguinaldo@ufpr.br](mailto:aguinaldo@ufpr.br)



Figura: Peça moldada a partir de aparas de PO e peça de EPS de embalagem. Fonte: Autores